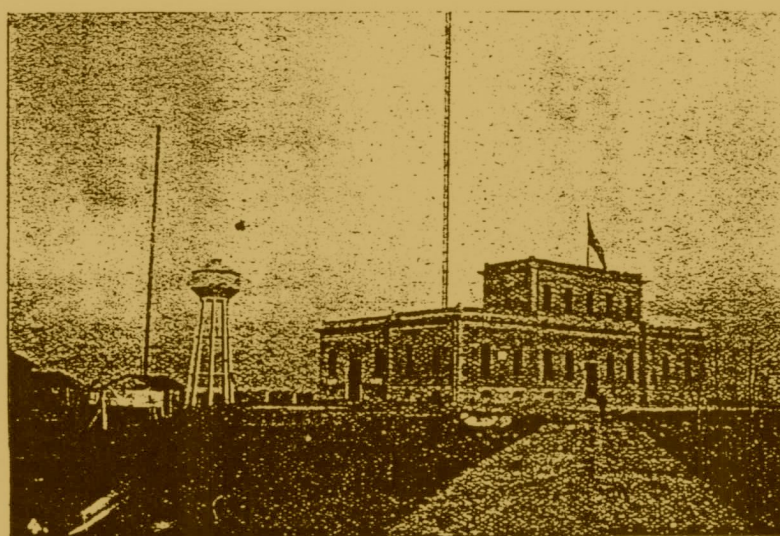
N. 28

REGIA ACCADEMIA NAVALE - LIVORNO

: :: Pubblicazioni dell'ISTITUTO ELETTROTECNICO e RADIOTELEGRAFICO della R. Marina :: ::

G. VALLAURI

Il centro radiotelegrafico di Coltano

Estratto da L'ELETTROTECNICA - Vol. XI - N. 1 e 2
5-15 Gennaio 1924

Il centro radiotelegrafico di Coltano

1. Cenno storico — 2. Disposizione dei fabbricati — 3. Fabbricato principale — 4. Alimentazione di energia — 5. Schema elettrico principale — 6. Convertitori ad arco — 7. Induttanza di antenna e sistema di manipolazione — 8. Alternatore ad alta frequenza — 9. Distribuzione dei locali della nuova Radio — 10. — Impianto idraulico — 11. Sala telegrafica e sale di manipolazione — 12. Antenna — 13. Piloni di 250 m. — 14. Presa di terra — 15. Funzionamento del sistema irradiante — 16. Stazioni minori — 17. Abitazioni ed altri fabbricati — 18. Centro ricevente — 19. Servizio radio — 20. Conclusione.

1. - *Cenno storico.*

La stazione radio di Coltano fu la prima grande stazione italiana, e una delle primissime nel mondo. La località, a 10 km a sud di Pisa e a 15 km a nord-est di Livorno, fu indicata da G. Marconi a S. M. il Re, il quale concesse gratuitamente l'uso di una parte del terreno della tenuta di Coltano, allora appartenente alla Casa Reale e più tardi ceduta all'Opera Nazionale dei Combattenti. Il terreno pianeggiante e acquitrinoso di quella zona fu allora giudicato particolarmente adatto per l'impianto di una grande stazione. Il lavoro fu affidato dall'Amministrazione dei Telegrafi alla Compagnia Marconi, e per effetto di difficoltà tecniche e burocratiche si trascinò dal 1903 al 1911, quando, appena iniziatasi la guerra libica, la R. Marina assunse il servizio della stazione e la mise in effettivo esercizio.

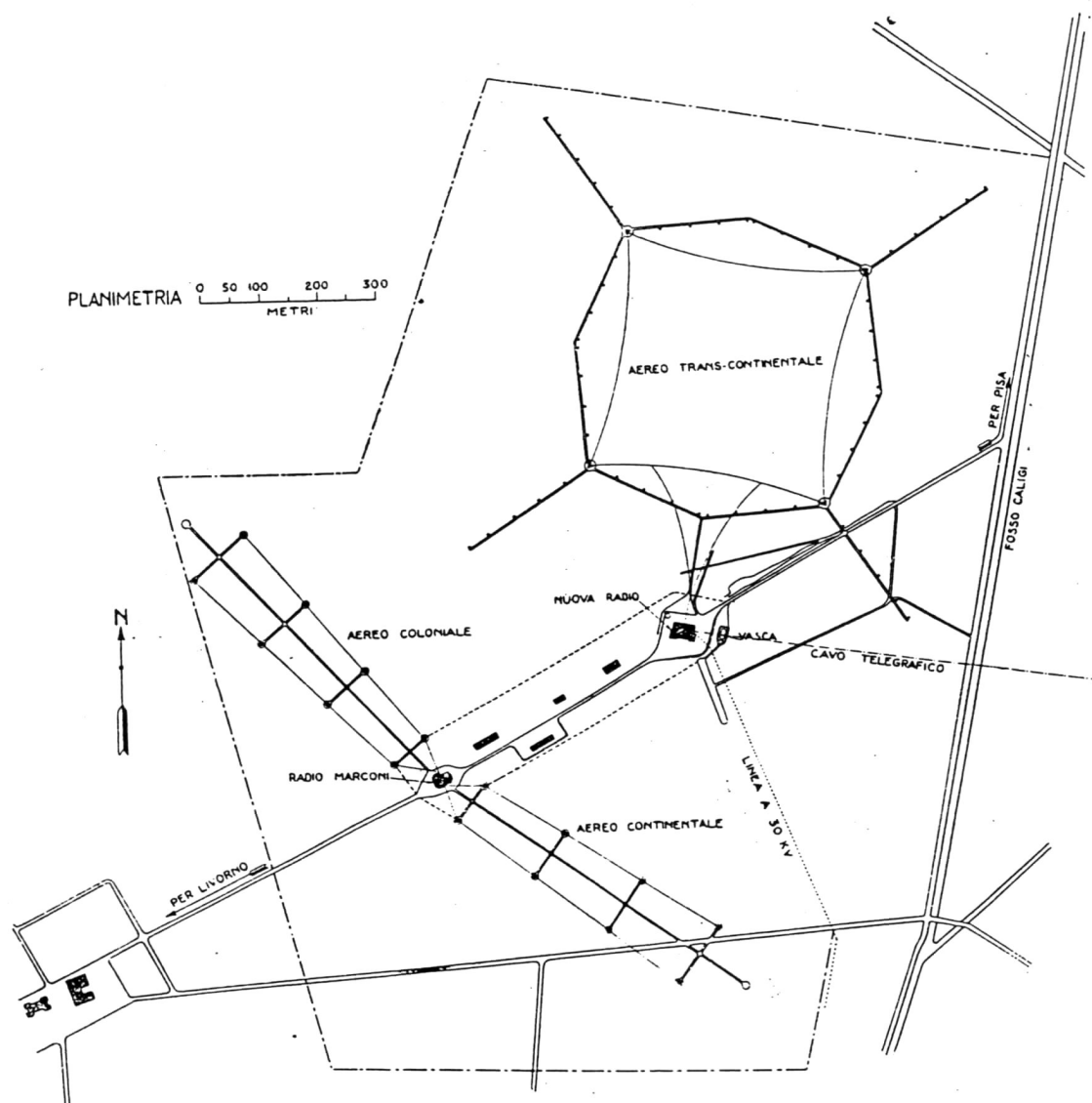



Fig. 1. — Pianta generale del centro radiotelegrafico di Coltano.

Durante la guerra mondiale, per assicurare un buon servizio con le colonie del Mar Rosso e dell'Oceano Indiano e per stabilire un

1. - Stazione Continentale e Stazione Coloniale
2. - Casermetta
3. - Garage e Magazzino
4. - Alloggi Sott'ufficiali
5. - » Ufficiali
6. - Stazione Trans-Continentale
7. - Antenna della Stazione Coloniale
8. - » » » Continentale
9. - » » » Trans-Continentale

Per Pisa

Per Livorno

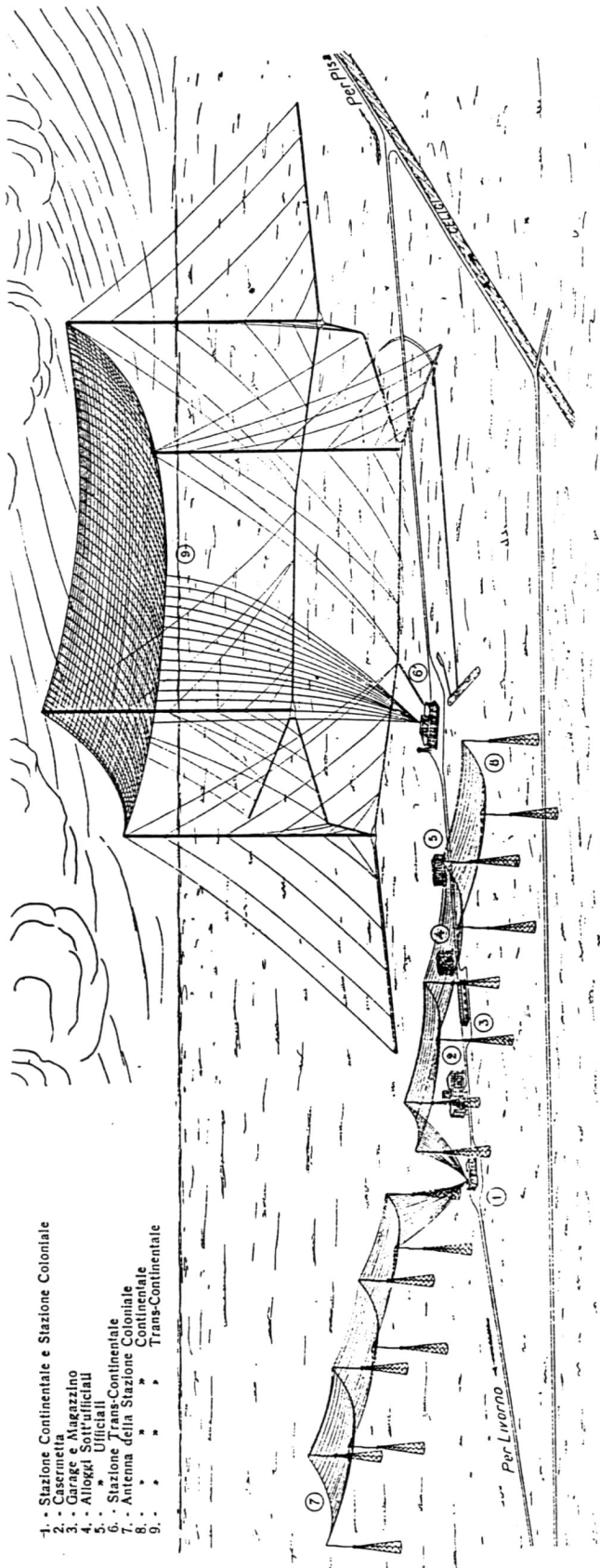
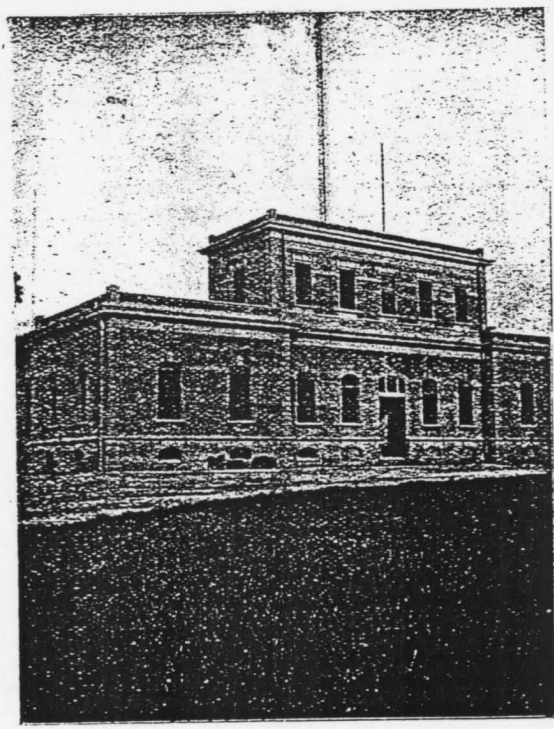



Fig. 2. — Vista prospettica approssimativa del centro radiotelegrafico di Coltano.

primo collegamento con il Nord America, la R. Marina costrui la Radio Roma (S. Paolo) (¹) e, sulla base dell'esperienza ivi raccolta e di una razionale previsione del futuro sviluppo delle radiocomunicazioni, decise, dopo la guerra, di provvedere all'impianto di una più potente stazione, capace di svolgere servizio commerciale con il Nord America (indipendentemente da altri servizi, permanenti od eventuali, di importanza militare e politica) e suscettibile di ulteriori ampliamenti e perfezionamenti in accordo con le esigenze del traffico e con lo sviluppo della tecnica.

Fu stabilito di eseguire il nuovo impianto a Coltano e di coordinarlo con la trasformazione ed il rimodernamento della vecchia stazione, e ciò per obbedire a parecchie ragioni concordi, fra cui giova citare le più importanti: 1) la munificenza del Sovrano concesse subito l'uso di un altro notevole tratto di terreno; 2) la posizione di Coltano, all'incirca equidistante dalla capitale e dalla grande zona industriale del Nord Italia permetteva di contare su buoni collegamenti telegrafici coi centri più importanti; 3) l'esistenza della vecchia stazione e la possibilità di trasformarla e di utilizzarla per le medie distanze offrivano il modo di creare a Coltano un moderno centro

Fig. 3. — Fabbricato principale.

radio, capace di sfruttare tutti gli evidenti vantaggi tecnici ed economici di una riunione dei servizi inerenti a più linee; 4) la vicinanza dell'Istituto Elettrotecnico e Radiotelegrafico della R. Marina, sorto pochi anni prima presso la R. Accademia Navale, consentiva di provvedere al progetto e alla direzione dei lavori e del servizio in modo conveniente e senza alcuna spesa per tale capitolo.

Il grosso delle opere murarie per il nuovo impianto fu eseguito nel 1920-21, e nel 1922 si procedette al montamento dei piloni e alla sistemazione dei macchinari, delle linee, degli apparati. I giorni 10, 11 e 12 aprile 1923, la nuova stazione compieva felicemente le prime prove di trasmissione ed il 15 aprile cominciava regolarmente il suo servizio, che non è più stato interrotto.

Intanto, fin dall'inizio del 1923, ed in seguito alle nuove disposizioni legislative riguardanti i servizi radio, il Governo, e per esso il Ministero delle Poste e Telegrafi, iniziava trattative per la cessione di tali servizi all'esercizio privato, comprendendo fra gl'impianti da cedere anche il centro di Coltano, allo stato in cui allora si trovava. Nelle more delle decisioni al riguardo l'Amministrazione della R. Marina, nell'interesse dell'erario, ed anche per lasciar libera al concessionario la possibilità di seguire un'indirizzo tecnico diverso da quello

(¹) *L'Elettrotecnica*, 5-15 maggio 1920, Vol. VII, N. 13-14, pag. 218 e 241, e Pubblicazione dell'Istituto E. e R. T., N. 8.

fin allora seguito, sospendeva i lavori di completamento e di sistemazione del centro di Coltano, già predisposti per il 1923 e che avrebbero dovuto dare all'impianto, entro l'anno, il suo assetto definitivo. Per questo motivo le installazioni si presentano oggi, alla vigilia del passaggio alla Società concessionaria, in una veste assai meno perfetta di quella che avrebbero dovuto avere, poichè, mentre nelle linee essenziali il lavoro è compiuto e lo prova il servizio che esso svolge ininterrottamente dall'aprile, molte parti secondarie sono tuttavia rimaste in una condizione che rivela chiaramente la soluzione provvisoria e di ripiego. Per lo stesso motivo, nella descrizione che qui si è voluta tratteggiare del Centro di Coltano, il lettore troverà qua e là un accenno a quello che l'impianto avrebbe dovuto essere secondo il progetto, in luogo di quello che esso è ora effettivamente.

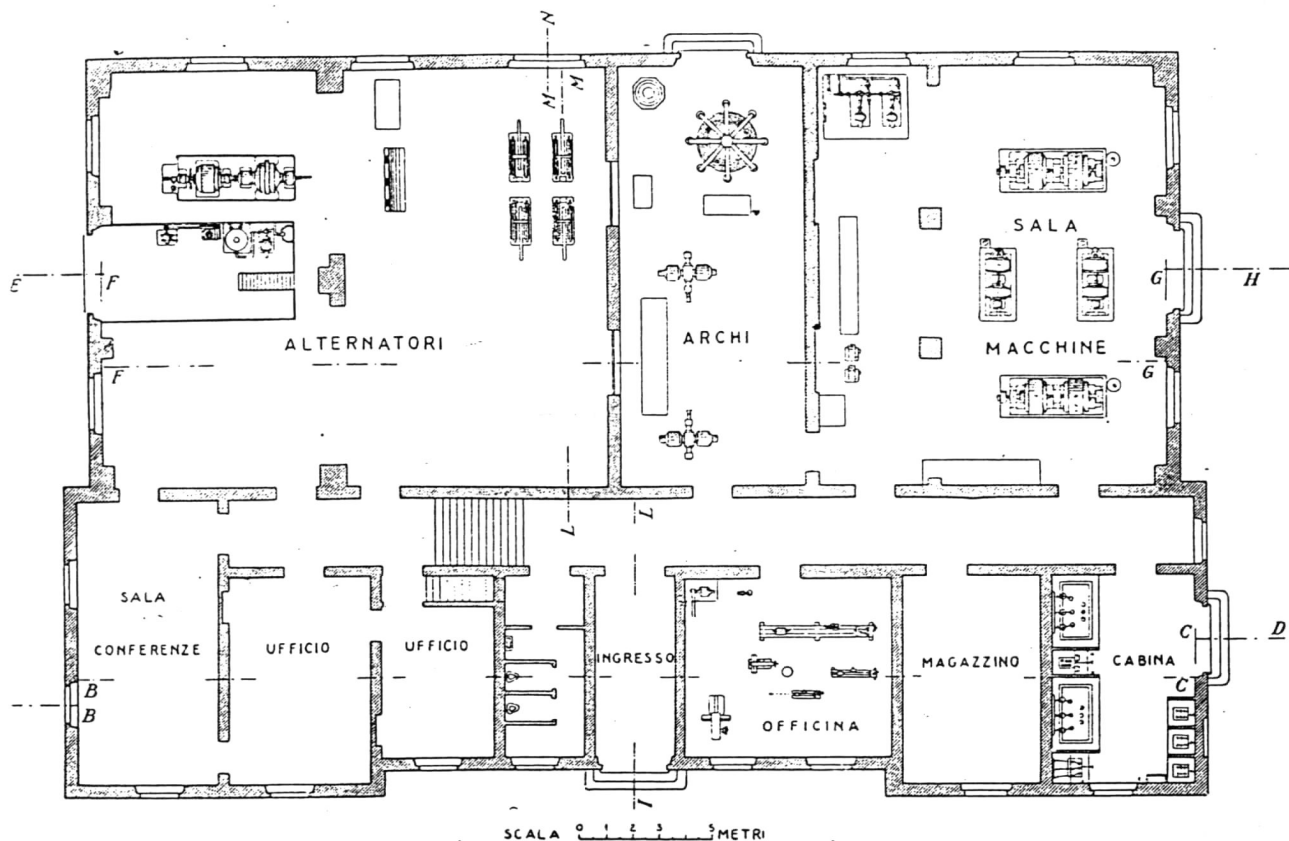



Fig. 4. — Pianta della Nuova Radio.

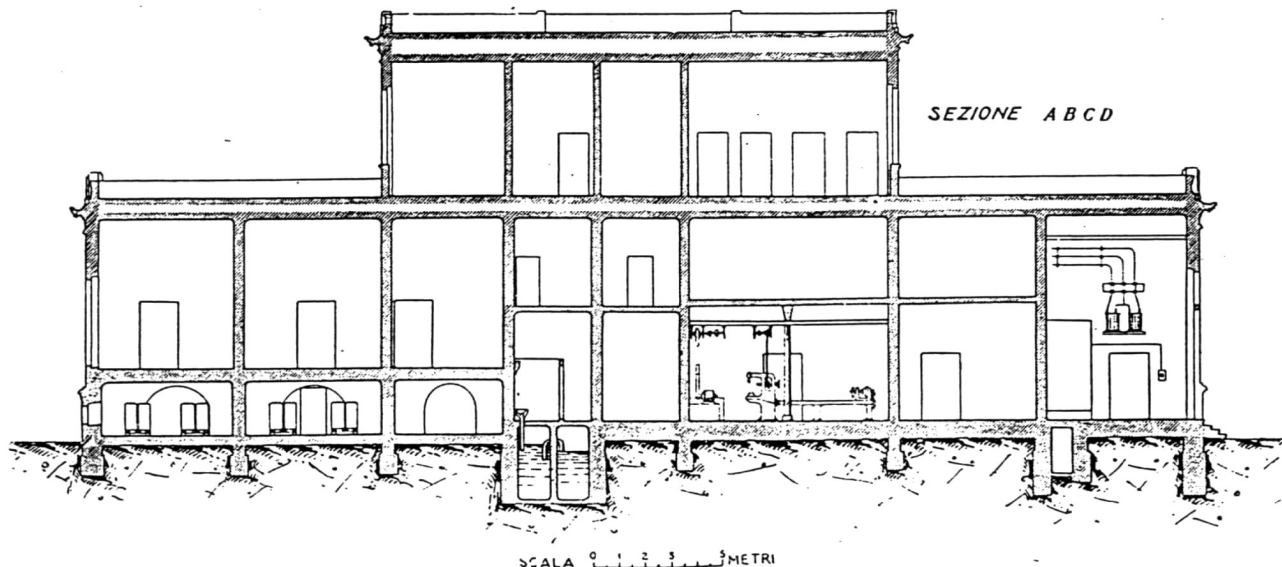



Fig. 5. — Sezione ABCD della Nuova Radio.

2. - *Disposizione dei fabbricati.*

L'insieme del Centro di Coltano risulta dalla pianta in fig. 1 e dalla vista prospettica approssimativa della fig. 2. L'insieme dei fab-

bricati è distribuito sul dorso di una piccola duna (detta il poggio di Corniolo), che emerge dalla circostante palude. L'asse della duna è diretto all'incirca da libeccio a grecale e su di esso è stata costruita una strada rotabile, che si prolunga da un lato fino ai così detti Palazzi di Coltano, centro della estesa tenuta (ceduta da S. M. il Re all'Opera Nazionale dei Combattenti, che ne ha intrapreso la grandiosa bonifica) e dall'altro fino alla strada alzaia del fosso Caligi, la quale, attraverso le borgate delle Rene e di Ospedaletto, conduce a Pisa.

Fig. 6. — Sezione EFGH, della Nuova Radio.

La vecchia stazione marconiana sorge all'estremo di sud-ovest della duna ed era completata un tempo da alcune modeste tettoie e da baracche ad uso di magazzini; il personale veniva alloggiato in locali presi in affitto dalla Casa Reale presso i Palazzi. Deciso l'impianto della nuova stazione, fu necessario progettare per essa un apposito fabbricato e si dimostrò opportuno di costruirlo a parte sull'altro estremo della duna a circa mezzo chilometro dall'antico, perchè questo mal si prestava ad un ampliamento, e, data la disponibilità del terreno con-

Fig. 7. — Schema elettrico principale.

cesso, risultava all'incirca obbligata la posizione del nuovo padiglione aereo. Conveniva altresì che quest'ultimo non fosse troppo vicino a quello preesistente al fine di permettere il funzionamento indipendente e simultaneo delle antenne, senza bisogno di speciali dispositivi di compensazione o altri artifici. Le due stazioni radio, poste all'incirca agli estremi del tratto sopraelevato del Poggio di Corniolo, delimitano così il nucleo principale dell'impianto. Esso è chiuso da un recinto in rete metallica ed è percorso da una strada centrale (che dovrebbe, insieme col prolungamento delle due strade di accesso, diventare un bel viale di tigli), lungo la quale si allineano i fabbricati di abitazione e di servizio.

3. - *Fabbricato principale.*

La nuova stazione, o stazione transcontinentale, ha sede nel fabbricato appositamente costruito (fig. 3), che contiene anche la cabina di trasformazione principale, l'ufficio telegrafico e gli uffici radio di tutto il centro. È un fabbricato a pianta rettangolare di m 43 x 29, con due corpi avanzati; la costruzione è in muratura ordinaria ed in cemento armato. Il fabbricato apparisce esteriormente ad un solo piano (coperto da una grande terrazza), salvo che nella parte centrale anteriore, la quale comprende un secondo piano su un fronte di 20 m con profondità di 8 m. La facciata ed i fianchi dei due corpi avanzati, sono in laterizi a faccia vista con uno zoccolo in pietra e decorazioni in cemento; la parte posteriore è ad intonaco.

La disposizione generale dei locali risulta dalla pianta (fig. 4): il fabbricato è diviso in due parti da un ampio corridoio centrale, a cui si accede dall'ingresso; la parte anteriore è riservata agli uffici, alla sala per esperimenti e conferenze, all'officina meccanica, al magazzino ed alla cabina di trasformazione principale. La parte posteriore, che è la più ampia, comprende i saloni dei macchinari e degli apparati di trasmissione. L'utilizzazione dei locali nel senso dell'altezza si rileva dalle sezioni A B C D ed E F G H (fig. 5 e 6).

4. - *Alimentazione di energia.*

Per l'impianto elettrico fu esaminato innanzi tutto il problema della produzione di energia. Il servizio radio esige che questa sia a disposizione con perfetta continuità: perciò, sotto tale punto di vista, converrebbe senz'altro disporre di una centrale propria di produzione

Se si procede per questa via, è forse preferibile, nei riguardi delle spese di esercizio, servirsi effettivamente e continuamente della centrale propria, piuttosto che tenerla come impianto di riserva rispetto alla fornitura di energia da parte di una società elettrica. D'altro canto l'energia acquistata presso un fornitore è assai meno sicura e meno ben regolata, ma anche, in generale, più a buon prezzo. Per ragioni essenzialmente economiche e tenuto anche conto dell'incertezza sulla sorte definitiva dell'impianto, si prescelse l'alimentazione diretta da parte della società esercente, che distribuisce energia elettrica in tutta la zona. Ad ogni modo anche la riserva termica fu a suo tempo studiata e doveva costituirsi, almeno inizialmente, con un motore Diesel marino da 1200 HP, nuovo e disponibile presso il R. Arsenale di Spezia in seguito alle vicende di guerra. Di esso erasi già costruita l'intelaiatura di sostegno, necessaria per la sua sistemazione su basamento di calcestruzzo e per l'accoppiamento con un alternatore trifase a 5000 V, 50 periodi, 428 giri. Sospesa tempestivamente questa installazione, l'impianto è per ora rimasto alimentato soltanto dalla rete della società esercente.

Fig. 7-bis. — Gruppi convertitori e quadro a 5000 V della sala macchine.

Coltano si trova, a questo riguardo, entro una grande maglia delle linee a 30-35 kV della Società Ligure Toscana di Elettricità e la cabina più prossima è quella di Stagno, verso cui concorre sia la linea principale Serchio-Lucca-Pisa-Livorno, sia quella secondaria Lima-Pescia-Pontedera-Livorno, collegate fra loro da opportune trasversali. Dal nodo di Stagno parte la linea a 30 kV che alimenta Coltano e serve anche all'impianto idrovoro della Bonifica. L'ultimo tratto, dalla biforcazione (cabina di Cancello dei Pini) alla Radio, è di proprietà dell'Amministrazione. I sostegni della linea sono già predisposti per il raddoppiamento della terna a partire da Stagno ed è anche fatta riserva di costruire all'occorrenza una nuova linea distinta e indipendente dalla prima, e proveniente da altro centro di alimentazione. La linea a 30 kV è tutta aerea. I disturbi che essa potrebbe recare alla ricezione radio non hanno alcun peso, perchè nel caso di grandi centri il servizio è sempre fatto in duplex e la stazione ricevente è altrove. La ragione per cui in molti impianti l'ultimo tratto della linea di alimentazione di energia è in cavo, deve ricercarsi nella possibilità di disturbi prodotti dall'impianto ad alta frequenza sulla linea di energia. Nel caso di Coltano, data la forma degli aerei e la loro posizione rispetto alla linea (fig. 1), è stato possibile valutare a priori l'ordine di grandezza delle f. e. m. e. delle correnti ad alta frequenza in essa indotte, deducendo che esse non avrebbero potuto provocare alcun disturbo, come infatti è avvenuto.

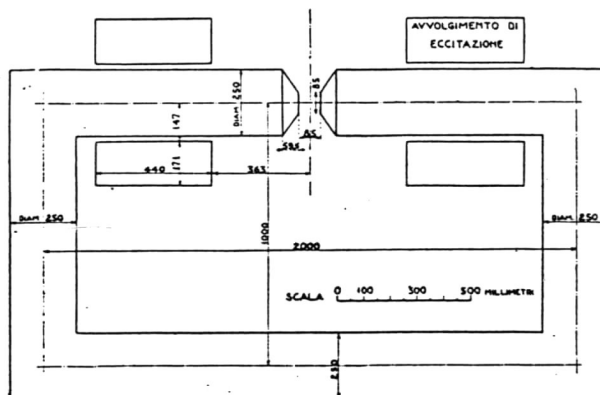



Fig. 8. — Circuito magnetico dei grandi archi.

5. - *Schema elettrico principale* (fig. 7).

La linea a 30 kV, 50 periodi, incontra in cabina gli apparecchi di protezione a condensatore, un interruttore principale e gli apparecchi di misura, ed alimenta un trasformatore trifase 30000/5000 V, 900 kVA con prese supplementari per 28 000 e 29 000 V. È in corso di fornitura un altro trasformatore di eguale potenza allo scopo di costituire la necessaria riserva. La tensione secondaria di 5000 V è stata scelta, sia perchè essa è una delle tensioni normalizzate, sia perchè il macchinario della vecchia radio era già alimentato a 5000 V dalla linea dell'impianto primitivo, sia infine perchè la tensione di 5000 V si prestava bene per un collegamento in cavo fra le due radio. Dalla cabina partono quindi due cavi trifasi a 5000 V l'uno per la nuova, l'altro (armato) per la vecchia radio.

Fig. 9. — Sezione della cassa e degli elettrodi dei grandi archi.

La radio transcontinentale fu studiata innanzi tutto per funzionare con convertitori ad arco; ma in pari tempo si ritenne conveniente installare anche un impianto di generazione elettromeccanica. I due apparati avrebbero dovuto funzionare l'uno come riserva dell'altro e l'esperienza avrebbe deciso circa l'opportunità di svolgere prevalentemente il servizio con questo o con quello. Per l'alimentazione degli archi, tenuto conto dei dati raccolti nei molti impianti già eseguiti dalla R. Marina e delle ipotesi sulle proprietà dell'antenna da costruire, si considerò una tensione massima di 1000 V ed una po-

tenza massima di 350 kW. Un gruppo convertitore, costituito da motore a induzione 5000 V, 50 periodi, 980 giri, e da una dinamo a eccitazione separata 1000 V, 350 A, a un solo collettore (prova di rigidità a 5000 V alternativi efficaci per 10ᵐ a caldo), fu installato per l'alimentazione degli archi, e un altro gruppo identico è in corso di fornitura. Per il comando dell'alternatore, date le troppo ampie variazioni della tensione alternata di linea e le difficoltà di una buona regolazione di velocità nel caso di comando diretto, e tenuto conto del fatto che il macchinario per la conversione in corrente continua era già necessario per gli archi, si giudicò conveniente adottare un motore a corrente continua a 1000 V.

Per i numerosi servizi ausiliari a corrente alternata fu prescelta la tensione trifase di 220 V concatenata, 125 V stellata, ottenuta con un trasformatore da 100 kVA. Sotto questa tensione sono alimentati il motore del gruppo convertitore per produzione di corrente continua (motore a induzione 980 giri, dinamo 120-180 V 500-333 A; un secondo gruppo identico è in corso di fornitura), le pompe dell'impianto idrico, i motori degli aspiratori degli archi, i motori di officina, l'impianto di illuminazione e il cavo di energia (trifase con neutro) che reca corrente a tutti i fabbricati del centro e sbocca con l'altro estremo nella vecchia radio, di dove può anche essere alimentato mediante il trasformatore da 5000/220 V ivi installato per i servizi ausiliari.

La sala macchine della nuova radio contiene, oltre i gruppi convertitori con il trasformatore 5000/220 V e le due pompe, anche il quadro di manovra a 5000 V e quello di distribuzione. A quest'ultimo sono collegate le due batterie di accumulatori a 120 V della capacità di 2300 Ah ciascuna alla scarica in 3 ore, che servono per i meccanismi ausiliari degli archi, dell'alternatore, degli impianti telegrafici, delle segnalazioni, ecc., e per l'illuminazione, in caso di mancanza di corrente alternata. L'eccitazione delle dinamo da 1000 V può esser fornita o dalle rispettive eccitatrici o dalle sbarre a 120 V alimentate dagli accumulatori.

6. - *Convertitori ad arco.*

I due convertitori ad arco Poulsen sono sistemati nella sala contigua a quella delle macchine. Essi furono studiati per una intensità massima di corrente continua di 300 A, pari a 213 A di corrente di antenna. Il progetto fu eseguito in base a studi teorici e con l'aiuto dai dati raccolti sugli archi di minor potenza installati, condotti e in parte costruiti dalla R. Marina. Il circuito magnetico degli archi risulta dalla fig. 8; dalla fig. 9 si possono rilevare i particolari della cassa e degli elettrodi. Il circuito magnetico è in acciaio fuso, la cassa con i suoi prolungamenti è in bronzo a doppia parete per permettere la circolazione d'acqua, l'isolamento degli elettrodi della cassa è ottenuto mediante dischi di eternit. I rocchetti di eccitazione, montati sui due poli sono costituiti ciascuno da 6 ciambelle di piattina di rame di sezione 8 × 8 mm, comprendenti 152 spire per ogni ciambella.

I diagrammi della fig. 10 raccolgono i risultati di alcune delle prove eseguite sugli archi. Dalla fig. 10-*a*) risulta confermato che le grandi bobine massicce, sebbene ventilate da una piccola intercapedine fra ciambella e ciambella, sono in condizioni di raffreddamento assai sfavorevoli, così che, anche con una densità di corrente di poco superiore a 1 A/mm², il sovrariscaldamento a regime è eccessivo. Di ciò era stato tenuto conto in progetto; infatti dalla fig. 10-*d*) si rileva che l'intensità di campo necessaria, pari a circa 7000 gauss, si può

Fig. 10. — Prove sui grandi archi.

ottenere, anche con la massima apertura di interferro, con una intensità di 50 A per bobina cioè con 0,78 A/mm² nel rame. La fig. 10-*b*) dà un'idea del modo di variare del campo quando ci si allontani assialmente, ovvero radialmente dalla zona centrale dell'interferro; la fig. 10-*c*) dimostra l'effetto delle dispersioni magnetiche, a cagione delle quali le ciambelle più prossime all'interferro esercitano un'azione preponderante.

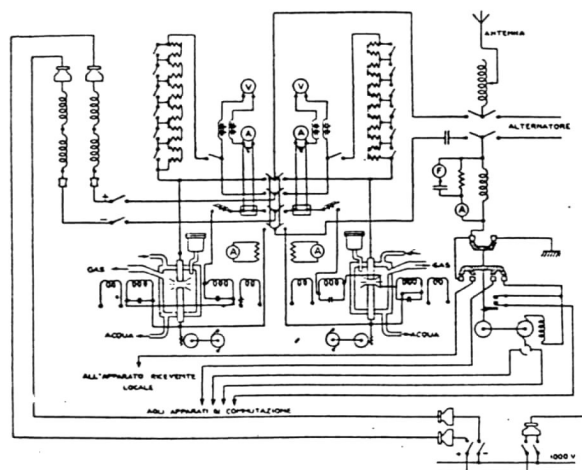



Fig. 11. — Schema di inserzione degli archi.

Lo schema di inserzione degli archi risulta dalla fig. 11. Come si vede, si è ritenuto conveniente non rinunciare all'isolamento del negativo e quindi anche della carcassa della macchina generatrice da terra (¹). I dispositivi di protezione della macchina sono costituiti, oltre che dai due interruttori a massima, uno in partenza l'altro in arrivo, anche da 4 grandi spirali di reattanza, due per polo, di circa 6 mH ciascuna, da una catena di 8 scaricatori elettrolitici, appositamente studiati e costruiti, derivata fra i poli della macchina, da una catena di venti lampadine a incandescenza tubolari derivate anch'esse fra i poli e col punto di mezzo a terra e infine da un gruppo di due condensatori ad alta tensione di 0,08 μF ciascuno, collegati in serie (con interposizione di amperometri a filo caldo da 0,5 A) e connessi

Fig. 11-bis. — Arco N. 1.

ai morsetti della macchina col punto di mezzo attaccato alla carcassa. L'eccitazione degli archi è fatta normalmente in serie, ma il tipo di avvolgimento permette anche una parziale o totale eccitazione separata. Le esperienze hanno dimostrato conveniente di non far partecipare alla funzione di induttanza di arresto anche il circuito di eccitazione in serie; perciò su di esso è stata derivata una capacità di 0,04 μF per ogni bobina. Le due bobine sono inserite fra loro in parallelo e in ciascuna di esse le ciambelle sono accoppiate in serie parallele (fig. 11 bis).

Gli archi sono dotati di una circolazione di acqua refrigerante, che viene divisa in due rami, l'uno sul percorso anodo — cassa anodica — coperchio, l'altro sul percorso catodo — cassa catodica — cassa centrale. Poichè il disco di eternit dell'anodo si riscalda sensibilmente e dà luogo ad effluvi con corrente oscillatoria più intensa di 175 A, occorre in questo caso usare una piastra porta-anodo appositamente costruita con doppia parete ed inserire anche questa nel circuito refrigerante. Gli archi sono dotati di apparecchi di alimentazione del carburante, del tipo a serbatoio e a goccia visibile, nonchè di una tubazione di scarico dei gas combusti con saracinesca, aspiratore e vasca di lavaggio. Per correnti di antenna non più intense di 175 A circa, il funzionamento può avvenire a cassa chiusa, senza aspirazione nè scarico dei gas combusti, e questa condizione ha anche il vantaggio di rendere molto meno probabili gli scoppi dovuti al formarsi di miscela tonante. Tali scoppi possono dar luogo a incidenti spiacevoli se non sono assicurate opportune possibilità di sfogo del gas, in caso di accensione subitanea della miscela.

Fig. 12. — Tavolo delle chiavi degli archi.

7. - *Induttanza di antenna e sistema di manipolazione.*

Un commutatore bipolare permette di passare dal funzionamento ad arco a quello con alternatore. L'induttanza di antenna, fornita insieme con quest'ultimo, serve in ambedue i casi. Essa è in nastro di rame di 80 × 1 mm, divisa in 7 ciambelle sovrapposte e portate da un'intelaiatura di legno e bakelite, montata con asse verticale su 7 grandi isolatori a cono. L'intera induttanza ha un valore di circa 3500 μH e può portare un'intensità di corrente di circa 200 A.

Il sistema di manipolazione è quello a onda di riposo; la variazione di lunghezza d'onda è ottenuta mediante la chiusura in corto circuito di un secondario multiplo, completamente isolato dall'induttanza e montato sulla stessa intelaiatura. Esso è formato da 4 spire di nastro di rame situate al di sotto dell'induttanza e comandate da quattro chiavi elettromagnetiche a doppio effetto. Uno dei contatti di ciascuna chiave è collegato rigidamente con un estremo della spira corrispondente, l'altro è invece collegato mediante cordone flessibile a un contatto scorrevole che permette di variare l'area della spira chiusa in corto circuito e quindi anche la corrente in essa indotta e la distanza fra le due onde emesse. Naturalmente il funzionamento dei contatti delle chiavi è tanto più soddisfacente, quanto minore è tale differenza fra le due onde. Si è constatato che in valore relativo essa può ridursi al 0,7 ÷ 0,6 % della lunghezza d'onda di lavoro. In tali condizioni e con 4 chiavi funzionanti simultaneamente sui 4 secondari, non occorre alcun soffio d'aria fino a che la corrente d'antenna raggiunge 150 A. Si può salire a 175 A con l'aiuto di un buon getto di aria attraverso i contatti ed infine, per correnti più intense, è necessario adoperare un numero maggiore di chiavi e di contatti. Gli elettromagneti a doppia bobina di ciascuna chiave sono collegati in parallelo e comandati da due relais elettromagnetici (fig. 12), azionati a loro volta dalla macchina telegrafica Wheatstone. Le chiavi permettono una velocità massima di manipolazione di circa 150 caratteri. Era allo studio un sistema di apparecchi per la manipolazione rapida. Un'altra induttanza più piccola e distinta da quella di antenna serve per distribuire la corrente fra le varie prese di terra (S. 14).

(¹) *L'Elettrotecnica*, 15 aprile 1921, Vol. VIII, N. 21, pag. 282, e *Bol-*

8. - *Alternatore ad alta frequenza.*

L'impianto dell'alternatore ad alta frequenza fu previsto dapprima secondo uno studio fatto appositamente ex novo e una ditta costruttrice nazionale aveva assunto l'impegno di fornirlo, dopo avere con successo costruito e fornito un alternatore di prova da 6 kW. Per ragioni di opportunità l'Amministrazione della Marina ritenne a suo tempo conveniente rinunciare alla diretta esecuzione anche di questa parte dell'impianto e di affidarla alla « Marconi's Wireless », la quale a sua volta acquistò il gruppo presso la Société Française Radio Electrique. Il gruppo, ora in corso di montamento, appartiene al tipo ben noto degli alternatori Latour-Bethenod (costruiti dalla Société Alsacienne di Belfort), che si sono diffusi nelle molte stazioni, di cui l'abile iniziativa della Compagnie Générale Radiotélégraphique ha saputo accaparrarsi la fornitura e l'esercizio non solo nella metropoli e nelle colonie francesi, ma anche all'estero. Trattasi, come è noto, di un alternatore a ferro rotante, con dentatura fra loro nel modo indicato dallo schema (fig. 13). Raggruppate a 2 a 2 esse alimentano i 4 primari di un trasformatore di oscillazioni, di cui l'unico secondario è in serie con l'antenna. La manipolazione è fatta per chiusura in corto circuito. Nella linea di terra sono inseriti un dispositivo per la misura dell'intensità e della frequenza ed un interruttore con motorino di comando, per il passaggio dell'antenna su un circuito di ricezione. Anche l'alternatore ha bisogno di essere refrigerato, sebbene, per diminuire le perdite, il rotore sia fatto girare in un'atmosfera rarefatta, tenendo chiusa la carcassa e facendo agire una pompa a vuoto. (Il vuoto non deve essere troppo spinto per evitare l'innescamento di scariche attraverso l'aria, troppo facilmente ionizzabile). La refrigerazione si ottiene mediante circolazione d'olio così nello statore come nel rotore. Altro olio sotto pressione viene inviato a provvedere di lubrificazione forzata i cuscinetti. Le pompe di circolazione dell'olio, coi relativi motori, filtri e refrigeratori per l'olio stesso, la pompa del vuoto col suo motore, le condotte di circolazione dell'acqua e dell'aria, fredde e calde, e le canalizzazioni

Fig. 13. — Schema dell'impianto dell'alternatore ad alta frequenza.

laminata così nello statore come nel rotore. Il tipo di Coltano è quello da 200 kW che negli ultimi esemplari è stato portato, con qualche perfezionamento fino a 250 kW. Esso è costruito per frequenza di 18 750 periodi al secondo, ossia per lunghezza d'onda di 16 000 m, con velocità di rotazione di 2700 giri al minuto; ma può essere regolato anche per velocità e quindi per frequenze alquanto diverse. Il problema dell'eliminazione del calore che si svolge nel gruppo è particolarmente difficile.

Il motore, a corrente continua, 1000 V, è comandato dalla dinamo principale attraverso due regolatori automatici, uno per l'avviamento, l'altro per il funzionamento normale, ed il suo schema di inserzione comprende anche i reostati di regolazione automatica di velocità, i dispositivi di blocco e di sicurezza contro il pericolo di velocità eccessiva e quelli per frenamento elettrico. Esso abbisogna di una energica ventilazione; l'aria fresca viene aspirata dall'esterno attraverso una batteria di filtri sistemati in apposito casotto, l'aria calda è spinta in una condotta che sbocca all'esterno.

L'alternatore ha l'avvolgimento frazionato in 8 sezioni, collegate elettriche formano un'insieme così complesso, che si ritenne conveniente dividere i locali destinati a questa parte dell'impianto in due piani distinti e collocare in quello superiore il gruppo e i quadri di comando e di manipolazione e il trasformatore di oscillazioni, lasciando al piano inferiore tutto il resto del macchinario e delle condutture.

9. - *Distribuzione dei locali della nuova Radio.*

L'insieme dei macchinari e degli apparecchi descritti è stato collocato nei vari locali del fabbricato nel modo di cui si è già dato cenno nel § 3 e che risulta dalle fig. 4, 5 e 6. L'ingresso, il corridoio, la sala macchine, la sala archi, la cabina, il magazzino, l'officina, le latrine hanno il pavimento a quota 3,75 sul mare. L'altezza dei vani maggiori è di 8 m e permette i lavori di montamento e di smontamento dei macchinari, agevolati anche dalla presenza di grandi porte di accesso e di due carri-ponte della portata di 8 tonn, sistemati uno nella sala macchine, l'altro nella sala dell'alternatore. Il locale destinato a quest'ultimo impianto è diviso, come si è detto, in due

piani da un solaio con pavimento a quota 5,90. L'ampio vano è stato progettato in maniera da riservare il posto per un'altra installazione

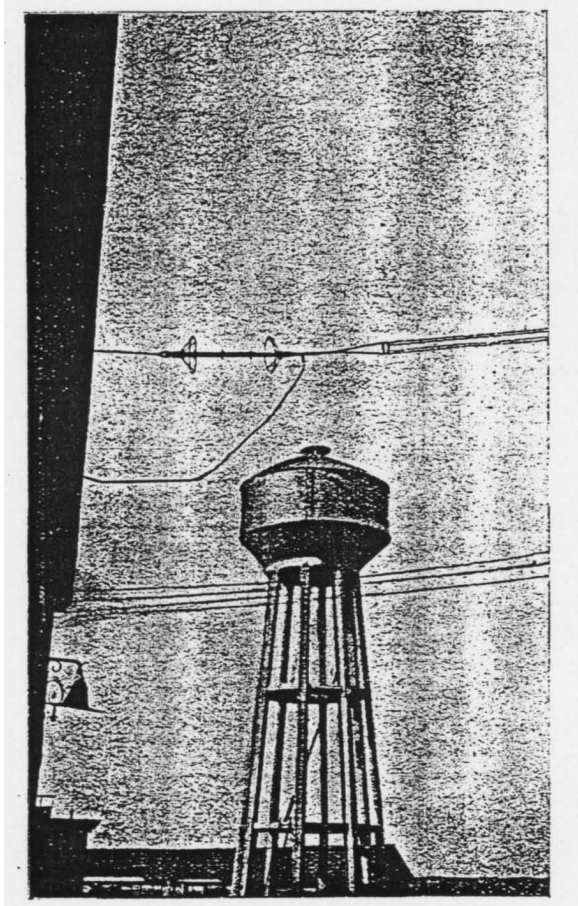



Fig. 14. — Serbatoio idraulico da 60 tonn. e isolatore di ritenuta della coda.

identica o anche di maggior potenza; e ciò allo scopo di permettere in avvenire sia di passare tutto il servizio normale sugli alternatori,

Fig. 16. — Tavolo di manipolazione della radio continentale ICI.

sia di accrescere la potenza dell'impianto proporzionatamente ad un eventuale aumento dell'estensione dell'antenna, sia infine di sistemare un apparecchio convertitore a triodi, quando questo sistema si dimostrasse maturo per un tale impianto.

Alla stessa quota di 5,90, a cui si trova il piano sopraelevato nel locale alternatori, sono i tre ambienti nell'angolo sud est del fabbricato, l'uno destinato a servire come sala per conferenze ed esperimenti, gli altri due per uffici. I locali sottostanti al piano di quota 5,90 sono a quota 3,25 e comprendono i locali dei meccanismi ausiliari dell'alternatore e le sale per gli accumulatori. Si può accennare che il solaio al di sotto del trasformatore di oscillazioni ed in tutta la zona invasa da campi oscillatori intensi è stato costruito mediante un sistema di pilastrini e di volte in muratura, per evitare l'impiego di membrature metalliche. Sopra il magazzino, l'officina, l'ingresso e le latrine, per le quali l'altezza di 8 m era superflua, è stato rica-

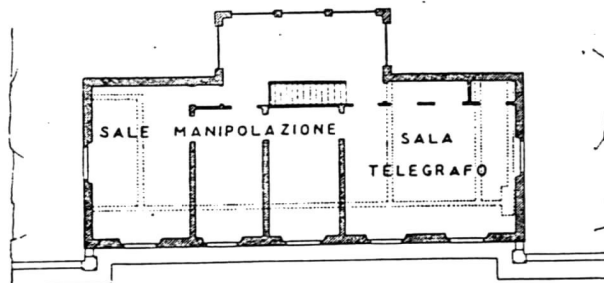



Fig. 15. — Pianta del primo piano.

vato un ammezzato che contiene uffici di segreteria e locali di deposito.

Tutte le connessioni elettriche, all'infuori di quella parte del circuito luce che si svolge nei locali più lontani dai campi oscillatori, sono in cavo sotto piombo. Le canalizzazioni, per la parte più importante del fabbricato, corrono in cunicoli praticabili, che accolgono anche tutte le altre condutture di acqua, aria, gas, ecc. e servono altresì, per mezzo di sbocchi esterni, a scopi di ventilazione.

10. - *Impianto idraulico.*

L'impianto idraulico doveva innanzi tutto soddisfare alle esigenze imposte dal fabbisogno di acqua di circolazione così per i convertitori ad arco, come per il macchinario ad alta frequenza. Il fabbisogno massimo previsto è di circa 200 litri al minuto. A ciò si è provveduto con l'acqua del vicino palude e precisamente con quella di una antica grande vasca esistente a sud-est del fabbricato principale, verso cui convergono alcuni canali e che non si è mai prosciugata neppure nei più lunghi periodi di siccità. Di là, attraverso a un breve canale e ad un filtro a ghiaia, l'acqua perviene in una vasca di decantazione di

Fig. 17. — Reticolato della grande antenna e penzolo di attacco al pilone.

Fig. 18. — Isolatore di sospensione della grande antenna.

m 23 × 12.80 (coperta da una leggera tettoia in cemento armato), che immette in un canale coperto e nel pozzo di aspirazione delle pompe. Queste sono due, eguali, con motore trifase 220 V 50 periodi e sono capaci di erogare 1000 litri al minuto con una prevalenza di 25 m. Esse sono sistemate nella sala macchine in un vano a quota più bassa (da cui si accede ai cunicoli), allo scopo di meglio garantire l'innescamento. Normalmente la mandata delle pompe immette nella

Fig. 19. — Basamento, treppiede, cerniera e tronco inferiore di traliccio

tubazione che carica il serbatoio in cemento armato (fig. 14) della capacità di 60 m³ e con quota di fondo m 16,50. Dal serbatoio parte una tubazione di erogazione (in cui si può immettere direttamente, all'occorrenza, la mandata delle pompe), che alimenta, non solo le derivazioni principali per la circolazione negli archi e nei macchinari dell'alternatore, ma anche le prese per incendio in prossimità del fabbricato principale. Essa può essere collegata attraverso una saracinesca, con la tubazione generale dell'acqua di lavanda, che corre lungo la strada centrale da un estremo all'altro dell'impianto e si dirama a ciascuno dei fabbricati, alle prese di incendio e ai circuiti refrigeranti degli apparati della vecchia radio. Di regola la saracinesca è chiusa e questa tubazione è alimentata a parte da un altro serbatoio della capacità di 35 m³ costruito sul tetto della casermetta con quota di fondo 16. Esso viene rifornito da due pompe a comando automatico, collegate con un pozzo appositamente scavato (§ 17).

All'acqua potabile si è provveduto, in seguito ad opportuni accordi, prolungando la diramazione eseguita dall'Opera dei Combattenti per i Palazzi di Coltano ed alimentata dall'Acquedotto del Comune di Livorno, proveniente da Filettole.

11. - *Sala telegrafica e sale di manipolazione.*

Il piano superiore del fabbricato principale è destinato all'ufficio telegrafico e agli apparati di manipolazione radio (fig. 15). È costituito

Fig. 20. — Tratto inferiore del pilone N. 4 e pilone N. 2.

da un ingresso a vetrate, per mezzo del quale si accede anche alla terrazza, e da quattro locali distinti e comunicanti, forniti di un sistema di piccoli cunicoli nel pavimento per le connessioni elettriche. In questi locali si è voluto riunire tutto il personale telegrafista e radiotelegrafista e tutta la condotta del traffico, non solo della radio transcontinentale, ma anche della radio continentale e di quella coloniale, i cui apparati si trovano nel fabbricato del vecchio impianto. Il capo della stazione (o per esso il capoturno di servizio) deve poter dirigere e seguire tutto l'andamento dell'impianto, senza allontanarsi dal suo posto. Presso il macchinario deve restare il solo personale elettricista, avvertito per mezzo di segnalazioni elettriche delle manovre da eseguire per l'avviamento, l'arresto e la regolazione degli organi e degli apparati ad esso affidati. L'ufficio centrale, anzichè nel fabbricato stesso della radio, si sarebbe anche potuto costituire, con le stesse funzioni, in luogo relativamente lontano, per es. a Pisa, nell'immediata vicinanza di quell'ufficio telegrafico. Tale soluzione, sotto parecchi aspetti più razionale e conveniente, non fu adottata per le notevoli spese che i collegamenti e l'ufficio avrebbero ri-

chiesto, e che non sarebbero state giustificate a cagione dell'incertezza sull'assetto definitivo dell'impianto.

La sala telegrafica comprende un quadro principale a caviglie, tre apparati Hughes e due Morse, e comunica con due piccoli locali attigui per le batterie di pile e di accumulatori. In essa sboccano, oltre alle linee di energia a corrente continua e alternata per i vari servizi, anche un cavo telegrafico per il collegamento colla rete nazionale dei telegrafi, due cavi telegrafici e di segnalazione per il collegamento con la radio coloniale e continentale e il cavo di manipolazione della radio transcontinentale. Il cavo telegrafico è un cavo aereo sotto piombo a 10 coppie; esso è disteso dalla Radio verso levante fino alla strada del Caligi (fig. 1), al di là della quale si prolunga in una linea telegrafica ordinaria che si ricollega al fascio principale presso Vicarello. Erano stati progettati numerosi collegamenti (in proporzione col numero di coppie del cavo) per agevolare il rapido inoltro dei telegrammi da e per Coltano, ma in via provvisoria essi furono limitati a due linee dirette con Roma e Milano, servite da apparati Hughes, e a due linee con Livorno e col Centro ricevente per l'inoltro delle note, servite da apparati Morse. I due cavi di segnalazione fra le due radio sono da otto coppie ciascuno. Essi servono per le comunicazioni di servizio col personale elettricista destinato agli apparati della vecchia radio, per le linee di manipolazione, per i campanelli di segnale, per le linee dell'apparecchio di controllo della corrente di antenna, ecc. L'esecuzione dell'impianto telefonico per le comunicazioni fra i vari locali e fabbricati di tutto il centro fu a suo tempo sospesa.

valore proposto. Messa a calcolo una tensione di 70 000 V con lunghezza d'onda di 16 000 m risulta necessaria una capacità di circa 25 $m\,\mu$ F.

Assunto questo valore per la capacità statica, fu studiata la forma dell'antenna. Se per valori più elevati di capacità, si sarebbe potuto discutere circa la convenienza di dare all'antenna una forma più o meno allungata, in questo caso, tenuto anche conto della disponibilità di terreno, s'imponeva quasi da sè la soluzione, che fu effettivamente prescelta. Essa consiste nell'adozione di un'antenna in forma di grande reticolato quadrilatero, sostenuto da quattro piloni eguali e collegato con la stazione per mezzo di una discesa a ventaglio, fissata ad uno dei lati. La forma prescelta è anche quella che meglio si presta, mediante l'aggiunta di successive coppie di piloni di seguito ai primi, ad effettuare quell'ulteriore eventuale ampliamento, di cui si volle mantener sempre libera ed agevole la possibilità. Uno studio preventivo, eseguito sulla scorta dei metodi proposti dal Howe ([4]), permise di prevedere che la voluta capacità si sarebbe raggiunta dando al quadrato delle basi dei piloni un lato di m 420, e ponendo la stazione a m 250 dal lato più prossimo. Nacque così la distribuzione in pianta rappresentata dalla fig. 1. Le misure eseguite nel 1923 hanno dato per la capacità statica di antenna il valore di 25,0 $m\,\mu$ F.

Per il tipo di reticolato di antenna si ritenne, in base all'esperienza raccolta nella Radio Roma, di poter continuare a servirsi della corda di bronzo fosforoso ad alta conducibilità, di diametro circa 3,5 mm, (7 fili di mm 1,2) rinforzando il reticolato con quattro

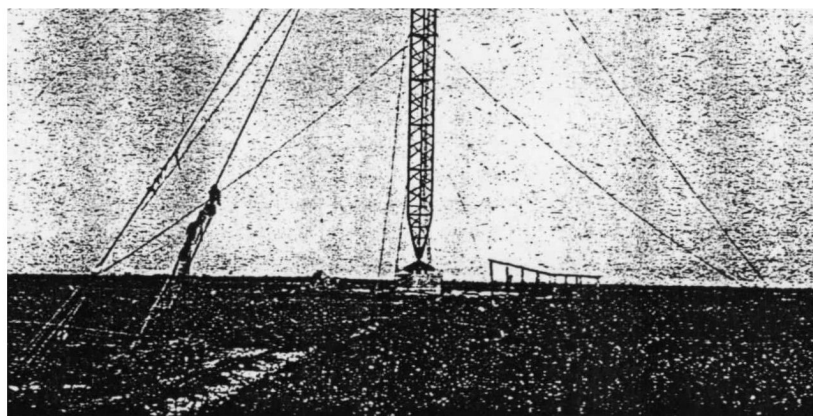



Fig. 21. — Tratto inferiore del pilone N. 2.

I tre rimanenti locali del primo piano, oltre la sala telegrafica, sono destinati alla manipolazione delle trasmissioni (simultanee) da parte delle tre antenne del Centro. La manipolazione è eseguita automaticamente mediante macchine Wheatstone. La preparazione delle striscie è fatta coll'aiuto di perforatrici Creed. L'operatore che sorveglia il funzionamento della Wheatstone, ha sott'occhio il testo del telegramma in corso di trasmissione e, coll'aiuto di un ricevitore e di una cuffia telefonica, verifica continuamente che la perforazione sia corretta e l'emissione e la manipolazione regolari. Per di più l'operatore può verificare continuamente che la corrente di antenna sia quella prescritta, mediante un apposito indicatore. In caso di avaria al relais o di irregolarità o errori nella striscia, si può passare immediatamente alla manipolazione a mano, mediante semplice inversione di un commutatore. Come esempio si riporta lo schema del tavolo di manipolazione per la stazione continentale ICI (fig. 16).

12. - *Antenna.*

La parte forse più interessante del centro di Coltano è quella che riguarda il padiglione aereo o antenna. Per il servizio col Nord America, posto a base dei calcoli, si ritenne necessario un coefficiente di efficacia di almeno 35 000 metri-ampere ([3]). Contrariamente alle tendenze che allora si manifestavano in America, ma concordemente con quelle seguite anche da altri in Europa, si ritenne conveniente adottare piloni di sostegno dell'altezza di 250 m. Presumendo un'altezza di radiazione di almeno 165 m, bastava allora una intensità efficace di 212 A di corrente di antenna per raggiungere il

corde terminali e con due interne in croce, tutte in cavo d'acciaio (draglie) (fig. 17). Tutti i fili di antenna sono assicurati alle draglie e fra loro mediante robuste legature in filo di bronzo. I fili della coda (a ventaglio) sono 19; di essi i due più esterni sono rinforzati, perchè costituiti da 4 fili ordinari legati insieme. L'apertura del ventaglio è limitata alla parte centrale della draglia sud per mantenere i fili della coda ben lontani dai controventi dei due piloni più prossimi. Sono tuttavia completate le connessioni in filo di bronzo dai fili della coda a tutti i conduttori che partono dalla draglia sud. La lunghezza del ventaglio è sufficiente per permettere di farne discendere il vertice fino a terra senza abbassare gli attacchi superiori. Dal vertice del ventaglio alla parete nord della stazione, la coda di antenna si prolunga (a questo riguardo il disegno da cui è stata ricavata la fig. 2 è inesatto) con un conduttore tubolare lungo m 115 e costituito da 19 fili di aereo tenuti a distanza da anelli di rame del diametro di 20 cm. I punti di attacco esterni dell'antenna sono perciò cinque, di cui quattro al vertice dei piloni ed uno alla ritenuta della coda contro il fabbricato. Il peso totale dell'antenna si avvicina a 4 tonnellate. Tenuto conto della tensione iniziale di montamento (con atmosfera calma) calcolata in tonn 4 per ogni vertice, della superficie di reticolato esposta al vento e di una pressione massima di questo, pari a 300 kg/m^2 su superficie piane, si è calcolato lo sforzo massimo di tensione che l'antenna può esercitare sul vertice di un pilone. Questo sforzo risulta di 10 tonn circa.

L'isolamento dell'antenna dai sostegni è stato affidato ad isolatori del tipo cilindrico o a bastone, in cui cioè la porcellana è sollecitata a trazione. Il tipo di isolatore adoperato risulta dalla fig. 18; ogni

([3]) *L'Elettrotecnica*, 25 settembre 1923, Vol. X, N. 27, pag. 650, e Pubblicazione N. 26 dell'Istituto E. e R. T.

([4]) *The El.*, 28 agosto e 4 e 11 sett. 1914 vol. 73 pag. 829 e seg. e 17 sett. 1915

esemplare fu sottoposto a una prova di trazione di 5 tonn. Per la sospensione dei vertici dell'antenna si prescelse un tipo di attacco binato con due isolatori collegati da traverse a snodo (fig. 17). Il sistema deve quindi reggere fino alle 10 tonn previste nel caso di vento massimo eccezionale; esso costituisce altresì una valvola di sicurezza

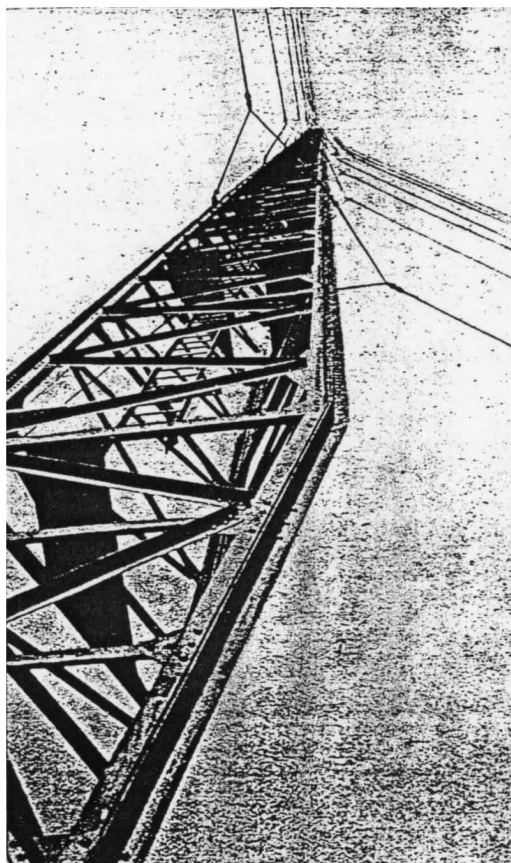



Fig. 22. — Un pilone visto dal basso.

meccanica, in quanto che, in caso di sollecitazioni anormali, dovrebbe essere il primo a rompersi, evitando i danni molto maggiori che le sollecitazioni stesse potrebbero produrre sui piloni. Sulla ritenuta della coda è stato sistemato un altro isolatore del medesimo tipo fig. 14). A partire dall'attacco di esso l'antenna si prolunga in un fascio di fili e poi in un tubo e perviene all'isolatore di passaggio in porcellana, sostenuto da due ampie lastre di vetro, la cui intelaiatura è fissata nella parte più alta della grande apertura di accesso dall'esterno alla sala archi. Tutti gli isolatori di sospensione sono forniti di anelli di guardia per migliorare la distribuzione del potenziale elettrico.

13. - *Piloni di 250 metri.*

I dati principali per il calcolo dei piloni sono costituiti, oltre che dalla tensione esercitata dall'antenna, sia in riposo, sia col massimo vento, anche dall'ipotesi della pressione del vento su tutto il pilone e sui suoi controventi e dallo spostamento che si ammette debba subire il vertice nella condizione di sollecitazione massima. Sono invece variabili entro certi limiti altri dati assai importanti, quali il numero dei controventi o stralli, il tipo di struttura metallica, la distanza degli ancoraggi dalla base, la creazione di cerniere intermedie, ecc. Si ammise che la pressione massima, che il vento avrebbe potuto esercitare sul pilone, variasse linearmente dalla base al vertice da 100 a 300 kg/m². Si ammise altresì che in queste condizioni il vertice del pilone dovesse spostarsi di 2 m dalla sua posizione di riposo. L'ipotesi di uno spostamento così ampio è naturalmente accompagnata dalla condizione che il pilone si sposti restando rettilineo (a meno che non vi siano cerniere intermedie, ciò che in questo caso si era escluso) e che il suo appoggio alla base sia a cerniera. La scelta di questo appoggio, che è stato realizzato con un perno sferico e relativa calotta, ambedue in acciaio fuso, permise altresì di studiare il sistema in modo tale da consentire l'isolamento dei piloni da terra. La questione della convenienza o meno di tale isolamento è stata più volte discussa, e può considerarsi ancor oggi non del tutto risolta.

È da ritenersi che, ove non si incontrassero eccessive difficoltà tecniche ad effettuare un isolamento veramente buono della base dei piloni, esso sarebbe più conveniente che non la messa a terra diretta, ma che questa sia invece assai preferibile ad un isolamento imperfetto e mutevole con le condizioni atmosferiche. Il treppiede (figure 19, 20 e 21), che porta il perno sferico, può essere poggiato su tre gruppi composti ciascuno da quattro colonne di isolatori di porcellana del tipo a cilindro schiacciato e leggermente rigonfio (a forma di formaggio). Ogni colonna deve comprendere quattro di tali isolatori, separati da dischi di materiale plastico, quale il piombo o meglio (secondo i risultati delle prove effettuate e indipendentemente dalla questione della durata) il legno santo. Nell'attesa di avere una serie di isolatori provati meccanicamente in modo del tutto sicuro ed in ogni caso per non cimentarli durante il lavoro di montamento, si misero inizialmente in opera, in luogo dei gruppi di quattro colonne di isolatori, altrettanti blocchi di granito di eguale altezza. Sono previsti appositi martinetti per sollevare di poco il treppiede ed eseguire la sostituzione degli isolatori ai blocchi di granito, i quali hanno dimostrato di non dare un isolamento elettrico abbastanza elevato e di richiedere quindi la connessione alla terra dei piloni. In queste condizioni l'altezza di radiazione, misurata sull'onda di m 10 750, è risultata di 165 m.

Quanto al tipo di struttura fu scelto quello triangolare, perchè, permettendo l'uso di tre sole famiglie di controventi (stralli), in tre piani distanti di 120° fra loro, consentiva (nel caso di quattro soli piloni) di tenere gli stralli ben lontani dalla proiezione dell'antenna sul piano orizzontale. Dopo vari studi di massima risultò più conveniente, come dimensione laterale della sezione a triangolo del trave a traliccio, quella di m 2,50 (fra i centri delle nervature) e ciò in relazione col numero di controventi prescelto. Per questo numero è stato adottato un valore abbastanza alto e cioè di 12 per ogni famiglia, ossia di 36 per ogni pilone, oltre uno speciale strallo suppletivo al vertice di ogni pilone per controbilanciare lo sforzo dell'antenna. Un

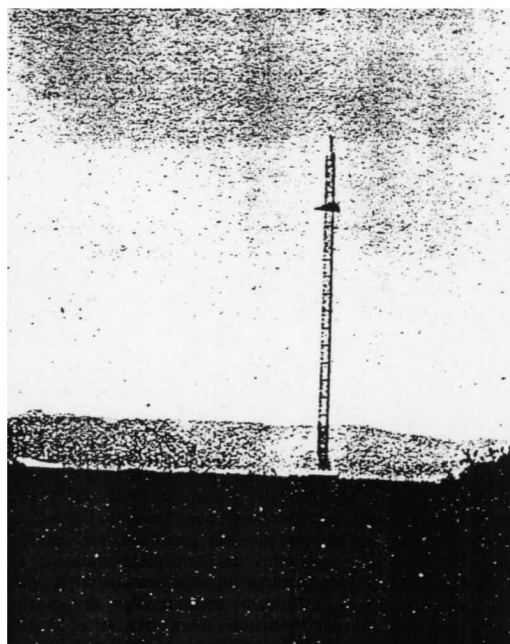



Fig. 23. — Il pilone N. 3 durante il montamento.

numero rilevante di stralli permette di ridurre la lunghezza dei tronchi liberi e quindi di rendere più leggero ed economico il pilone, e permette altresì (insieme con la posizione degli ancoraggi relativamente lontana dalla base) di usare per gli stralli, cavi di acciaio di moderate dimensioni, più economici anch'essi, più maneggevoli e più adatti ad essere frazionati mediante isolatori. I tronchi liberi sono 12 e la

loro lunghezza è di 25 metri per i 6 più bassi e va poi progressivamente decrescendo fino a 10 m per l'ultimo. Gli ancoraggi si succedono raggruppati in quattro gruppi a distanze di m 52,50 dalla base e fra loro. Il gruppo più interno ed il successivo portano due stralli ciascuno, gli altri due ne portano invece quattro; lo strallo speciale di equilibrio dell'antenna ha un suo ancoraggio a parte alla distanza di 40 m dall'ultimo, ossia di 250 m dalla base del traliccio. (Naturalmente la fig. 2, puramente dimostrativa, non dà indicazioni esatte circa il numero e la distribuzione dei controventi).

Il problema del calcolo dei controventi consiste nel determinare, per un dato tipo di corda di acciaio, da usarsi per un dato controvento, la tensione iniziale o di montamento (quando l'azione del vento è nulla) che ad esso si deve dare, affinchè, verificandosi la massima pressione di vento fissata come ipotesi e verificandosi in conseguenza il previsto spostamento del punto di attacco, nasca per questo fatto un aumento di tensione del controvento esattamente eguale a quello necessario per mantenere in equilibrio il sistema, sotto l'azione dei nuovi sforzi a cui è sollecitato. La determinazione della tensione di montamento, in funzione dei dati accennati, si esegue facilmente col procedimento indicato dal Colonnetti ([5]) e studiato appunto in occasione di questo lavoro, e coll'aiuto dell'abbaco a tal fine da lui costruito. Il calcolo dimostrò conveniente adottare corda d'acciaio del diametro di 30 mm per gli stralli superiori dal sesto in su e corda da 26 mm per quelli inferiori. In realtà fu adoperata quasi esclusivamente corda da 30 mm. Le tensioni iniziali calcolate variano da 0,5 a 4 tonn, quelle finali da 4 a 14. Queste tensioni finali sono state calcolate nell'ipotesi che il vento spiri nel piano degli stralli esterni in direzione verso il padiglione aereo sospeso e tenendo conto di tutte le sollecitazioni prodotte dal vento sull'antenna, sul pilone e sugli stralli così di sopravento come di sottovento. Naturalmente molte altre ipotesi si protrebbero considerare sia riguardo alla direzione del vento, sia riguardo alla distribuzione della sua intensità; ma, a parte il fatto che esse sarebbero risultate troppo arbitrarie, si ritenne che i coefficienti di sicurezza assunti nel calcolo dell'ipotesi principale bastassero a fornire una ragionevole garanzia.

Il metodo di calcolo usato in progetto fu poi applicato anche per la rettifica dei piloni durante e dopo il montamento. A tal fine vengono determinate, mediante successive stazioni del tacheometro e con calma di vento, le posizioni dei punti di attacco dei controventi al pilone e quindi gli scarti dalla verticale (in grandezza e direzione) di ciascuno di essi. In pari tempo, conoscendo con esattezza la posizione geometrica reciproca e rispetto al piano orizzontale di riferimento dei due punti di attacco di ciascun controvento e misurando con un inclinometro la direzione della tangente all'attacco inferiore, si determina la tensione effettiva data allo strallo. Con questi elementi si calcolano i dati di rettifica, cioè le lunghezze di cui occorre allungare o accorciare ciascun controvento, affichè, a rettifica eseguita e senza vento, siano soddisfatte le due condizioni: 1) posizione verticale e forma rettilinea del traliccio; 2) tensione iniziale dei controventi eguale a quella prevista in progetto.

In base agli elementi descritti si è potuto progettare il pilone di 250 m di altezza con un peso totale proprio di circa 80 tonn. La struttura comprende i tre montanti, i quali sono alla base composti ciascuno da quattro verghe angolate da $120 \times 120 \times 11$ e si vanno man mano alleggerendo fino ad essere costituiti al vertice da tre verghe da $80 \times 80 \times 10$. La fig. 22 mostra un pilone visto in iscorcio dal basso. Gli attacchi dei tralicci e quelli dei controventi sono fatti mediante lamiere interposte fra le verghe; i tralicci sono di due tipi, in basso $80 \times 80 \times 8$, in alto $70 \times 70 \times 7$. I montanti sono frazionati in tronchi di lunghezza netta 5 m, oltre le sovrapposizioni di giunzione. Questi tronchi di montante (di cui i più pesanti si avvicinano a 1 tonn) furono preventivamente chiodati in fabbrica. Durante il montamento ciascuno di essi doveva essere sollevato e infilato per il tratto di sovrapposizione sulla sporgenza del tronco inferiore già montato. Messo a posto un tronco per ciascun montante e collegati questi con i tralicci, veniva ad esser costituito un nuovo tronco di cinque metri di tutto il pilone. Per eseguire queste operazioni fu studiata (mediante un modello) la manovra più comoda ed opportuna, che richiese la costruzione e l'impiego, per ciascun pilone, di una «gabbia di montamento» a due ripiani, portante un alberetto centrale e verticale girevole e un «picco» sporgente. Fissati i due ripiani della gabbia nell'ultimo tronco di pilone già montato, l'altezza dell'albero e del picco permettevano di sollevare i tre nuovi pezzi di montante fino ad incastrarli in quelli già in opera. Fissati questi ed i tralicci con bulloni, il nuovo tronco era costituito e la gabbia veniva sollevata di 5 m, mediante paranchi differenziali, per ripetere la operazione.

Fig. 24. — I piloni N. 1 e 2 durante il montamento.

Per la robustezza molto maggiore, che la giunzione mediante chiodi ribaditi presenta in confronto con quella mediante bulloni, ed anche per la maggiore leggerezza ed economia, che si possono conseguire, fu deciso di chiodare completamente la struttura dei piloni; e a tal fine, mentre durante il primo montamento la struttura veniva provvisoriamente fissata con bulloni, si provvedeva di pari passo, una diecina di metri più sotto, alla chiodatura di tutte le giunzioni. A ciò serviva un ponte triangolare, esterno al traliccio, fornito anche di aperture o botole per lasciar passare i ferri, con cui coloro, che operavano più in alto, provvedevano a prolungare la struttura. Sul ponte lavorava una squadra di quattro operai chiodatori, forniti degli attrezzi necessari, compresa una fucinetta a carbone. Il montamento dei quattro piloni fu compiuto rapidamente e senza serie difficoltà nell'estate '22. Il tronco inferiore convergente e, prima di esso, il treppiede col perno sferico furono montati già in un sol pezzo (peso di oltre 3 tonn) mediante una biga. L'attacco dell'antenna fu fatto con un penzolo di cavo d'acciaio lungo complessivamente m 16,50 (fig. 17), che fa testa sul vertice del pilone mediante una traversa, a cui è assicurato anche lo speciale 13° strallo in fuori. Gli attacchi degli stralli sono «a patta d'oca» cioè biforcati, così che l'attacco di ogni strallo interessa direttamente due montanti, e il pilone volge le facce (e non gli spigoli) alle linee degli ancoraggi (fig. 22). Le figure 23, 24 e 25 presentano l'aspetto dei piloni durante il montamento.

Se può essere dubbia l'opportunità di tentare l'isolamento alla base dei piloni, non è dubbia la convenienza di frazionare mediante isolatori le lunghe campate dei controventi. A tal fine, sulla base di esperienze apposite, si ritenne di poter adottare per i controventi in cui la tensione massima prevista non supera 10 tonn il tipo di isolatori a noce a doppia gola già usati nella Radio Roma (stralli 1, 2, 3, 4, 5, 12). Per tensioni superiori a 10 tonn, quali si prevedono per gli

([5]) *L'Elettrotecnica*, 25 novembre 1920, Vol. VII, N. 33, pag. 590.

altri stralli, si dimostrò conveniente usare un altro tipo di isolamento, che desse migliori garanzie dal punto di vista meccanico, e si studiò quindi una speciale struttura, in cui si utilizzano isolatori a formaggetta, assoggettandoli esclusivamente ad uno sforzo di compressione, per quanto possibile uniformemente distribuito (fig. 26). Poichè queste strutture vengono a costituire un insieme alquanto pesante e rappresentano quindi un carico concentrato negli stralli, e poichè d'altra parte il progetto richiede (e in ciò sta la ragione dei pregi di leggerezza ed economia dell'insieme), che le frecce degli stralli siano assai considerevoli, non si è ritenuto consigliabile collocare i nuovi isolatori compositi in punti intermedi delle campate, di cui potrebbero esagerare le oscillazioni trasversali, sibbene di sistemarli in numero conveniente ai due estremi, in prossimità dei punti di attacco (fig. 27). L'isolamento è stato particolarmente accresciuto per le due famiglie di controventi, che si trovano sotto la coda a ventaglio dell'antenna. Gli attacchi dei controventi agli ancoraggi sono fatti mediante carrucole di bronzo e stringitoi a bulloni (fig. 28). Non si sono adottati tenditori a vite per economia, ed anche perchè la corsa di cui avrebbero dovuto essere suscettibili avrebbe richiesto dimensioni esagerate.

I blocchi di fondazione in calcestruzzo, su cui poggiano i piloni, sporgono parzialmente dal suolo e si allargano progressivamente in basso fino ad estendersi a un'ampia base esagonale e ad imprigionare le teste di 34 pali di pino battuti a rifiuto per costipare il terreno. Il peso approssimativo di ciascun blocco è di 170 tonn. Il carico, che

Fig. 25. — Il pilone N. 1 durante il montamento e parte degli alberi della radio coloniale.

il pilone fa gravare sull'appoggio nelle condizioni di massimo vento, assunte come ipotesi, è di 250 tonn. I blocchi degli ancoraggi sono anch'essi di calcestruzzo, parzialmente rinforzati con palafitte e del peso approssimativo di 40 tonn per gli ancoraggi a due attacchi e di 80 tonn per quelli a quattro.

Intorno alla base di ciascun pilone è stato costruito un piazzale di manovra e lungo ciascuna linea di ancoraggi un arginello di larghezza bastevole per la «Décauville». In tal modo l'accesso ai basamenti e agli ancoraggi è assicurato anche nelle stagioni in cui il padule è allagato.

14. - *Presa di terra.*

Per la presa di terra fu studiato, prima ancora che si avessero notizie di tentativi analoghi ideati all'estero ([6]) un sistema inteso a ridurre sensibilmente la resistenza di terra e ad aumentare quindi il rendimento di radiazione ([7]). Il sistema doveva provarsi in via sperimentale e rendersi poi definitivo. Il concetto informatore fu quello di frazionare la presa di terra in tante prese distinte, di addurre separatamente la corrente a ciascuna o a gruppi di esse e di regolare questa distribuzione della corrente fra le singole terre, in modo da utilizzarle al massimo grado, ossia da ridurre la resistenza totale ad un minimo. A tal fine, dopo aver deciso di estendere il sistema di terra fino a un contorno distante di circa 250 m dall'ottagono degli arginelli, fu diviso il terreno così delimitato in 74 scompartimenti e in ciascuno di essi fu costruita una presa o stella di terra. Poichè per ogni stella di terra si è adoperata all'incirca la stessa quantità di materiale, si sono assegnate aree più vaste alle stelle più lontane, là dove il campo elettrico è meno intenso, così da proporzionare opportunamente la densità del reticolato metallico alla corrente che esso deve portare (fig. 29). Ogni stella è costituita di una lastra di rame dello spessore di 1 mm e della superficie di m² (1 × 1). Da ciascun vertice del quadrato parte un fascio di 4 conduttori di rame della lunghezza di 3 m, collegati con un tubo di rame del diametro di 40 mm e della lunghezza di m 1,10. Tutto in giro dalla lastra centrale partono a raggiera 8 a 10 fili di rame da 3 mm. La lastra è affondata orizzontalmente a m 1,20 di profondità e così i fasci di fili che vanno ai tubi, i quali sono affondati verticalmente fino ad arrivare con l'orlo inferiore a 3 m dal suolo. I fili radiali sono alla profondità di circa 0,55 metri; gli estremi di quelli appartenenti a una stella non vengono a contatto con quelli delle stelle contigue, ma ne distano di almeno due metri. Da ogni lastra di terra parte una striscia di rame che, imprigionata in un pilastrino di calcestruzzo, esce fuori dal terreno e si connette con la corrispondente linea di terra. Per una prima prova le stelle furono raggruppate e connesse ordinatamente con 14 linee che all'entrata nella stazione si accoppiano a due a due così da fornire 7 prese di terra (terre 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,) (fig. 30). Ad esse se ne aggiunge un'ottava (terra 0) costituita da una lastra a T di m² 4, anch'essa con 4 tubi verticali connessi ai suoi vertici e collocata presso la parete nord del fabbricato principale. (Altre buone terre sono state eseguite in vari punti intorno alla stazione, per le esigenze degli altri servizi elettrici).

Mentre, coi vecchi tipi di terra a reticolato completamente immerso nel suolo, la parte più prossima al generatore è quella più intensamente utilizzata per diffondere la corrente nel terreno ed il rimanente produce un beneficio assai limitato, col sistema descritto è possibile inviare a ciascun gruppo di prese di terra la intensità di corrente, che ad esse compete per ridurre al minimo le perdite. A tal fine occorre tuttavia compensare le cadute di tensione che si incontrano nelle linee di terra in proporzione alla loro lunghezza ed il mezzo più semplice è quello di introdurre, in serie con ciascuna delle linee più corte, una reattanza conveniente. Si può cioè costituire un partitore di tensione mediante una semplice induttanza a più prese da cui si partono le linee di terra (fig. 13). L'esperienza ha confermato le previsioni teoriche, secondo le quali, dato lo sviluppo delle linee di terra, la tensione in partenza sulla linea delle terre più lontane (terra 7) deve essere all'incirca di 2500 V nel funzionamento con 175 A di corrente di antenna e lunghezza d'onda 10750 m.

15. - *Funzionamento del sistema irradiante.*

Il fatto che, non appena fu possibile mettere in funzione gli archi, tutte le parti dell'impianto dimostrarono di corrispondere bene alle previsioni, e che fu quindi disposta l'immediata entrata in esercizio (anche per sostituire temporaneamente la Radio Roma durante la sua trasformazione), ebbe per conseguenza, che mancò il tempo per lo svolgimento di una serie minuziosa di prove; la quale del resto perdette poi anche di interesse, in vista dell'imminente cambiamento di direzione del Centro. Dalle esperienze preliminari, eseguite sia con correnti deboli, sia in effettivo funzionamento, risultarono tuttavia i

([6]) *L'Elettrotecnica* 15 febbraio 1923 vol. 10 n. 5 pag. 100 e *Bollettino R. T.*, vol. II n. 21, pag. 277.

([7]) *L'Elettrotecnica*, 5 aprile 1921, Vol. VIII, N. 12, pag. 213, e Pubblicazione N. 11 dell'Istituto E. e R. T.

seguenti elementi fondamentali: capacità statica dell'antenna 0,025 μF, lunghezza d'onda naturale con tutte le terre in parallelo 5450 m, resistenza totale di antenna (ancora con tutte le terre in parallelo) decrescente e poi crescente in funzione della lunghezza d'onda; la regione di minimo è fra 13 000 e 15 000 m e scende a circa 2,7 Ω per correnti di 200 A e coi piloni alla terra. (Ad es. tensione di alimentazione a corrente continua 780 V, lunghezza d'onda 14 020 m, corrente di antenna a regime 195 A). Le lunghezze d'onda limite, su cui gli archi possono funzionare con differenti valori dell'induttanza di antenna, sono 6400 e 18 000 m. Con onda di 10 750 m, con altezza di radiazione 165 m e resistenza totale 2,8 Ω il rendimento di radiazione si calcola immediatamente in 13,5 % e quello di generazione degli archi si misura in 45 % circa, a partire dai morsetti della dinamo generatrice. In queste condizioni gli amperometri inseriti sulle linee di terra (mediante trasformatori torici) collegate fra loro in parallelo, indicano, come era prevedibile, che la corrente passa in grande prevalenza nella terra più vicina (terra 0) e in misura rapidamente decrescente nelle successive, in ragione della loro distanza.

Fig. 26. — Isolatori tipo Coltano per tensioni meccaniche superiori a 10 tonnellate.

Le prove col sistema di terre multiple risultano eccezionalmente promettenti, perchè, con una buona distribuzione delle prese sulla reattanza di terra, è stato possibile misurare con correnti deboli una resistenza globale di 0,9 Ω sull'onda di 11 000 m. Come si era preveduto, questo vantaggio si attenua al crescere della intensità di corrente, a cagione del modo affatto provvisorio con cui le linee furono costruite in via sperimentale, e cioè a cagione delle perdite per insufficiente isolamento, per insufficiente sezione dei conduttori, per il numero eccessivo di appoggi e per la loro natura, ecc. Si era infatti previsto, non appena le esperienze avessero fornito i dati necessari, di rendere definitiva la sistemazione, scegliendo per prova il migliore aggruppamento delle stelle di terra e sostituendo ai vecchi e corti (e perciò troppo numerosi) pali di legno e ai relativi isolatori (tutto materiale ricuperato dalla demolita linea a 5000 V, che alimentava il vecchio impianto), un sistema di pali a traliccio robusti e poco numerosi, con lunghe campate di abbondante sezione e con isolatori a 10 000 V. Anche questo lavoro rimase sospeso in vista della cessione.

Nel funzionamento ad arco il sistema a terre multiple richiede ancora, che si soddisfi ad un'altra condizione. Come è noto, nel convertitore ad arco i morsetti di entrata (della corrente continua) e quelli di uscita (della corrente oscillatoria) coincidono, e se un polo del circuito oscillatorio si connette alla terra risulta connesso a terra anche il polo corrispondente (di solito il negativo) della dinamo. Per evitare i conseguenti pericoli di corto circuito, si suole interporre nella linea di terra del circuito oscillatorio un condensatore di grande capacità (per es. 80 μF nel caso dell'antenna di Coltano), che oppone reattanza trascurabile alla corrente oscillatoria, ma funziona come condensatore di arresto per la corrente continua. In tali condizioni la tensione oscillatoria, che inevitabilmente si ritrova ai morsetti della dinamo (e provoca un passaggio di corrente di 0,20-0,25 A nel dispositivo di protezione a condensatore descritto nel § 6, con corrente di antenna 175 A e lunghezza d'onda 10 750 m), si ripartisce sia rispetto alla carcassa (isolata da terra), sia rispetto alla terra in due parti fra loro poco diverse. Adottando il sistema delle terre multiple nel modo qui indicato, si avrebbe invece che il negativo verrebbe ad assumere una tensione oscillatoria verso terra di circa 2500 V, ciò che sarebbe indubbiamente pericoloso per l'integrità degli isolamenti della macchina e degli archi, oltre che per l'incolumità delle persone. A ciò si rimedia agevolmente, sostituendo al condensatore di terra a grande capacità e bassa tensione, un altro di capacità di alcuni decimi di μF e per tensione di alcune migliaia di V, il quale provochi una

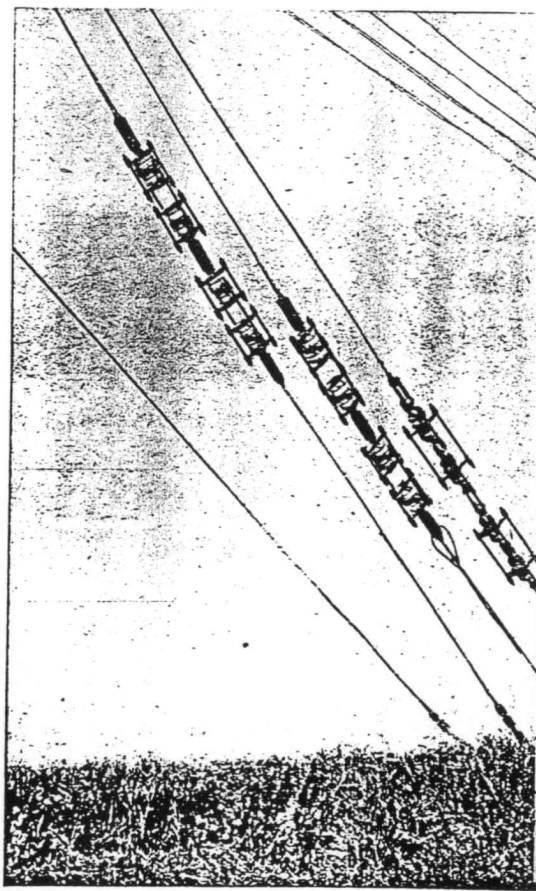



Fig. 27. — Isolatori doppi tipo Coltano inseriti sugli stralli.

caduta reattiva all'incirca eguale ed opposta a quella prodotta dalla reattanza delle linee. Resta così solo in circuito la inevitabile resistenza ohmica, accresciuta da quella che corrisponde alle perdite nel condensatore, ma essa provoca in ogni caso cadute di tensione molto minori. Con tale dispositivo si annulla anche l'aumento di lunghezza d'onda che le linee di terra tendono ad apportare. S'intende che la

capacità del condensatore deve essere variabile al variare della lunghezza d'onda, ma basta frazionare la variazione in pochi sbalzi per soddisfare alle condizioni volute. L'uso della capacità compensatrice con le terre multiple è superfluo nel funzionamento ad alternatore, in cui il sistema « antenna — secondario dei trasformatori di oscillazione — terra » forma un circuito completamente isolato da quello della macchina.

16. - *Stazioni minori.*

Le stazioni per il servizio coloniale e continentale derivano dalla vecchia stazione Marconi. Questa aveva un apparato di trasmissione a scintilla del tipo a scaricatore rotante asincrono, che fu a suo tempo smontato, e possiede un sistema di 16 alberi per il sostegno delle antenne. La disposizione degli alberi e la forma delle antenne risultano dalle fig. 1 e 2. Trattasi di due antenne a gomito, aventi ciascuna uno sviluppo orizzontale di 530 m, sostenute rispettivamente da quat-

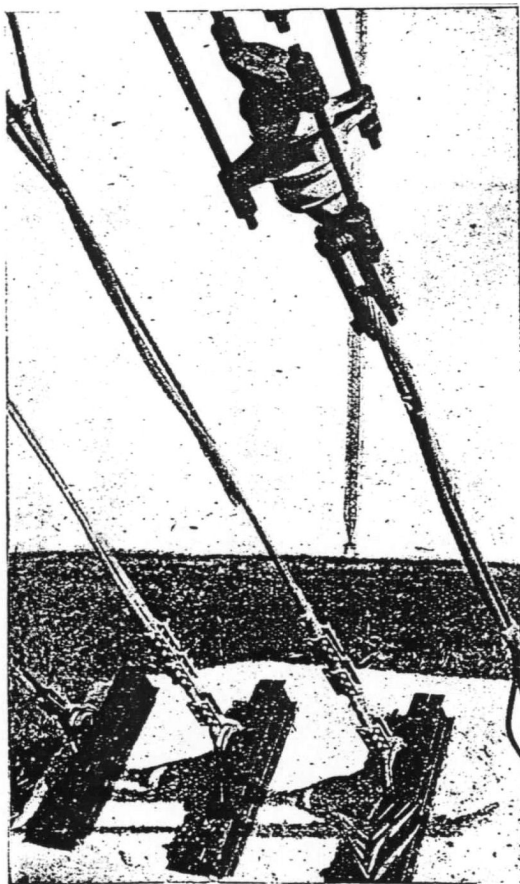



Fig. 28. — Attacchi dei controventi agli ancoraggi.

tro coppie di alberi. Questi ultimi (fig. 31) sono costituiti per 45 m da un robusto traliccio convergente e per 30 m da un albero ed un alberetto in legno. Ogni antenna è composta da 24 fili sostenuti da draglie trasversali. L'antenna di Sud-Est ha i fili a distanze uniformi, isolati dalle draglie trasversali mediante isolatori « a candela ». Per essa si utilizza la vecchia presa di terra, di cui rimangono le lastre di rame sotterrate presso il fabbricato, mentre la parte rimanente, costituita da fasci di filo di ferro zincato, è ormai già da tempo del tutto scomparsa per effetto di ossidazione. La lunghezza d'onda naturale è di circa 3000 m, la capacità statica di 17 $m\mu F$, la resistenza di circa 5 Ω per l'onda di 5800 m. Per l'antenna Nord-Ovest fu progettato ed eseguito un nuovo reticolato di sostegno non solo per il padiglione aereo (a fili variamente distanziati per ottenere il massimo di capacità), ma anche per un tipo adatto di contrappeso isolato, da sostituire alla presa di terra, con la certezza di ottenere un oscillatore di resistenza molto ridotta. La struttura, già completa, è rimasta senza i fili di bronzo e non è quindi stata messa in esercizio.

Il fabbricato della vecchia Radio è rappresentato dalle fig. 32 e 33.

Il macchinario dell'impianto comprende: un vecchio gruppo motore sincrono trifase 5000 V, dinamo 110 ÷ 180 V, 100 kW, che carica le due batterie di accumulatori, ciascuna di 60 elementi e di capacità 1150 Ah alla scarica in un'ora; un gruppo survoltore-devoltore (preda di guerra) costituito da due macchine a corrente continua, una a 115 ÷ 160 V, l'altra a 320 V da 70 kW; una batteria di trasformatori

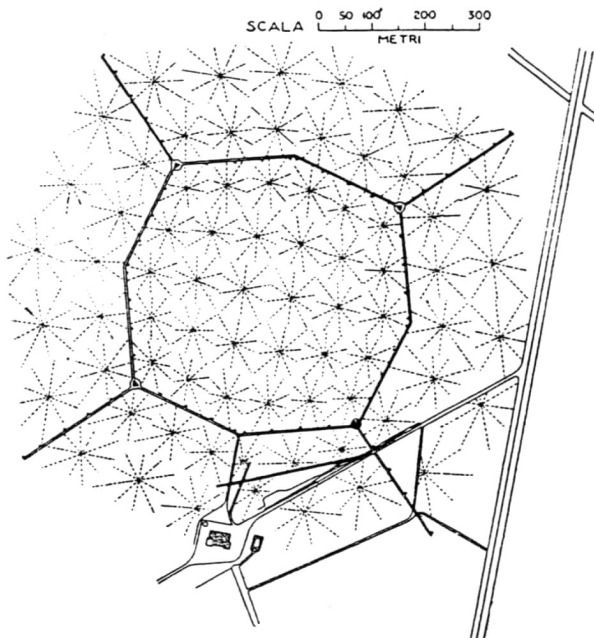



Fig. 29. — Stelle di terra.

monofasi (del vecchio impianto a scintilla), che costituiscono due terne di trasformazione trifase 5000/500 V da 110 kVA ciascuna; un gruppo convertitore (nuovo e da duplicare) con motore a induzione trifase a 500 V e dinamo da 75 kW per 400 ÷ 600 V. Lo schema generale è rappresentato dalla fig. 34. Esso è informato al criterio di utilizzare

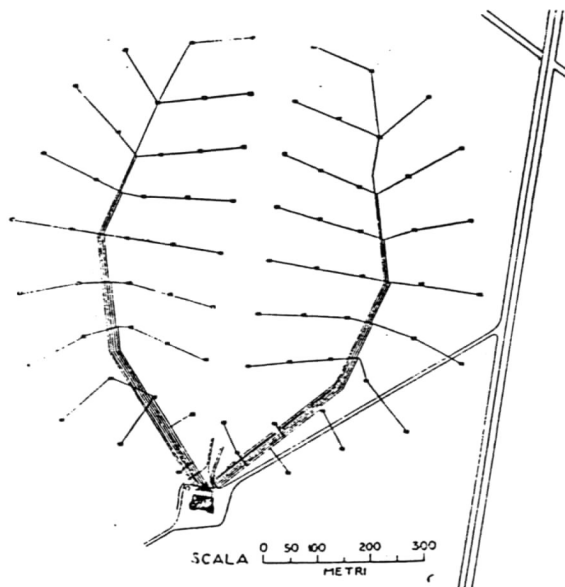



Fig. 30. — Linee di terra.

il macchinario esistente e di fornire agli apparati radio (ad arco o ad alternatore) corrente continua a 500 V, di produrre corrente continua a 110 V per la carica delle batterie, per i servizi ausiliari e per l'apparato a triodi e di disporre di una riserva, effettuata mediante il gruppo di trasformazione della corrente continua a 110 V in corrente continua a 500 V e viceversa.

Era previsto, non appena eseguita la trasformazione dell'antenna Nord-Ovest (che avrebbe dovuto essere così in grado di assumersi servizi a distanze considerevoli, compreso, almeno in parte, quello di Massaua), di eseguire analogo rimodernamento dell'antenna Sud-Est e di svolgere poi simultaneamente il servizio di ambedue, dapprima con archi e poi con apparati a triodi o ad alternatore. Sospesi i lavori, il servizio continentale è stato continuato con la vecchia antenna Sud-Est e coll'aiuto di un convertitore ad arco tipo R. Marina da 50 kW. La trasmissione avviene di regola con corrente di antenna 50 A e lunghezza d'onda 5800 m. La manipolazione ed il controllo della trasmissione sono eseguiti (§ 11) nella apposita sala del primo piano del fabbricato principale. Trovasi nella stazione anche un apparato a triodi « Marconi » del tipo detto da 6 kW, la cui potenza è insufficiente (tenuto conto della resistenza elevata dell'antenna) a produrre la corrente di aereo necessaria ai servizi ora affidati alla Radio Continentale. Esso servì bene, fino al mese di giugno 1923, per il servizio commerciale con la Spagna, passato poi alla Radio Centocelle (Roma).

17. - *Abitazioni ed altri fabbricati.*

Per la vita del personale destinato a Coltano, nell'ipotesi di personale appartenente alla R. Marina, furono previsti tre fabbricati di abitazione scaglionati lungo il lato nord della strada centrale (fig. 1 e 2).

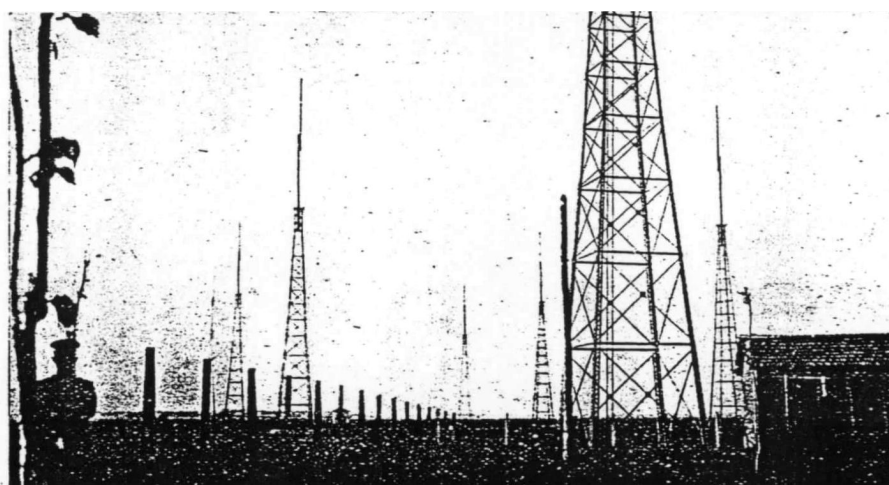



Fig. 31. — Alberi dell'aereo coloniale.

Di essi il più importante è la casermetta (fabbricato a due piani di pianta 47,50 × 12,75), che contiene da un lato il dormitorio marinai (72 posti), lavandini, bagni, refettorio, cucina, dispensa, magazzino vestiario, corpo di guardia, infermeria, ecc.; e dall'altro lato una sala da pranzo, una sala di convegno e undici camere da letto per sott'ufficiali, con cucina, dispensa, lavandini, bagni, ecc., oltre ad ampi locali di deposito negli scantinati. In un locale di questi ultimi trovasi l'impianto di pompe automatiche, che aspirano buona acqua di lavanda da un pozzo scavato appositamente a nord della casermetta (della portata di parecchie tonnellate giornaliere anche nella stagione secca) e la mandano nel serbatoio di 35 m^3 sovrastante al tetto (§ 10). Segue alla casermetta, che è la più vicina alla vecchia Radio, una palazzina per l'alloggio dei sottufficiali con famiglia. Questo fabbricato (pianta 23,10 × 10,65) ha, oltre a scantinati e soffitte, tre piani, che comprendono in tutto sei piccoli appartamenti (vani alti m 3,20) di tre o quattro camere, con bagno e cucina. Dell'ultimo fabbricato, quello più prossimo alla nuova Radio e che doveva essere a due piani e contenere due piccoli appartamenti e tre camere separate per ufficiali, fu interrotta la costruzione, quando erano appena terminate le fondazioni.

Dal lato della strada opposto a quello, lungo il quale si trovano i fabbricati di abitazione, è stato costruito un fabbricato ad un solo piano, su pianta di m 45,35 × 10,60 coperto da tettoia in cemento armato e destinato in parte a rimessa degli autoveicoli (con fossa e piccola officina), in parte a officina del carpentiere e in parte a deposito. Era altresì previsto un piccolo fabbricato a parte, destinato a servire come deposito dei materiali infiammabili; ed erasi progettato l'adattamento a giardino, e in parte anche ad orti e pollai, di tutta fabbricato di abitazione fu costruito un ampio lavatoio in cemento e presso la palazzetta dei sott'ufficiali fu scavato un altro buon pozzo. Per il servizio della luce e per gli altri servizi elettrici fu a suo tempo disteso un cavo trifase con neutro a 220 V, che può essere alimentato tanto dall'una, quanto dall'altra Radio e si dirama in ciascuno dei fabbricati del centro. Analogamente si provvide ai servizi dell'acqua potabile e di lavanda, come già si è accennato. Oltre alla strada fra le due Radio fu costruita completamente (posando la massicciata sul tracciato di una vecchia strada a fondo naturale) la strada, che dalla nuova Radio raggiunge l'argine del Caligi e si prolunga lungo il canale fino al campo scuola di aviazione di Coltano. Di là le strade già esistenti permettono di giungere a Pisa attraverso le borgate delle Rene e di Ospedaletto. Lungo tale percorso furono eseguiti direttamente dal personale della Radio, con l'aiuto di due autocarri, i trasporti di tutti i materiali d'impianto esclusi soltanto quelli per le costruzioni murarie (trasportati su barrocci), ma compreso tutto il ferro e tutti i cavi d'acciaio dei piloni e dei loro ancoraggi e tutto il macchinario.

18. - *Centro ricevente.*

In relazione con la direttiva generale di adoperare prevalentemente la nuova Radio, nel servizio commerciale, per il traffico col Nord-America, appariva conveniente sistemare il centro di ricezione all'incirca sulla normale alla direzione (per circolo massimo) da Coltano a New York. La distanza del centro ricevente da quello trasmittente si ritiene debba essere non inferiore a una ventina di km. La direzione della normale alla congiungente Coltano-New York e passante per Coltano taglia da un lato la costa tirrena poco a sud di Livorno, dall'altro traversa la pianura a levante di Lucca e, al di là dell'Appennino, scende di nuovo nella pianura non lungi da Modena. Sebbene l'esperienza finora raccolta abbia dimostrato che in generale la ricezione sulla riva del mare è più favorevole che non all'interno, tuttavia la posizione a Livorno e precisamente presso la R. Accademia Navale non apparisce consigliabile (a malgrado del favorevole orientamento) per l'impianto definitivo, a cagione sia della distanza un po' troppo piccola da Coltano (15,5 km), sia principalmente dalla troppo stretta vicinanza a reti elettriche di ogni specie, che provocano sempre molesti e spesso intensi disturbi (e ciò senza tener conto delle esigenze della stazione sperimentale dell'Accademia, il cui funzionamento è stato temporaneamente del tutto paralizzato dal funzionamento del centro ricevente). Per questi motivi si era prescelta una località ad est di Lucca a più di 20 km da Coltano e si erano svolti gli studi e avviate le pratiche per la costruzione quivi del centro ricevente (senza escludere la eventualità di un'altra installazione analoga verso Viareggio, nel caso di estensione del servizio al Sud America), quando, in attesa di decisioni definitive sulla sorte dell'impianto, si preferì preparare la stazione provvisoria a Livorno presso l'Istituto Elettrotecnico e Radiotelegrafico della R. Marina.

Il centro ricevente provvisorio dispone, per la ricezione dall'America, sia di un telaio interno di m 2,10 di lato e di 64 spire, sia di un grande aereo radiogoniometrico sostenuto dall'albero di 60 m [illegible] dà di regola risultati

superiori al primo, ha la particolarità nuova di essere polifilare, cioè ognuno dei suoi due aerei piani triangolari è costituito da 6 spire in serie (ciascuna di area oltre 1000 m²). Il sistema normale di ricezione comprende tre filtri astatici ad alta frequenza, un'amplificatore a tre stadi di alta frequenza con circuiti risonanti intermedi e da ultimo l'intro-

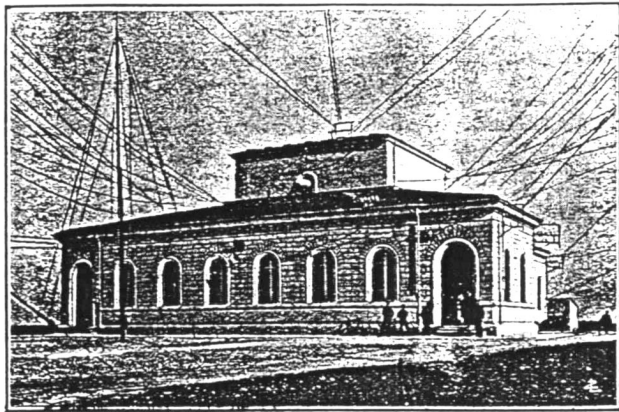



Fig. 32. — Stazione Marconi (vecchia radio).

duzione della frequenza locale dell'eterodina, secondo il sistema Jouaust [8]. Al triodo raddrizzatore seguono due filtri a bassa frequenza e a questi una triplice amplificazione a bassa. Tutto questo insieme è costituito da materiale della R. Marina [9], e si è dimostrato superiore ad un altro apparecchio fornito dall'industria privata, che si tiene pronto come riserva, così da poter passare con semplici manovre di commutazione dall'uno all'altro. La ricezione di WQL (stazione del Radio Central di New York, funzionante con alternatore ad alta frequenza e onda di 17 500 m) è possibile, salvo condizioni particolarmente avverse, in qualunque ora del giorno. È di solito molto gio-

di Poznan AXJ, ecc. Un distinto impianto di ricezione su telaio si adopera invece per la ricezione da Berlino POZ (fino a giugno per la ricezione da Barcellona EAB). Anche queste ricezioni continentali hanno doppia installazione e utilizzano amplificatori aperiodici parte del tipo a resistenza, parte del tipo a induzione.

Il servizio delle note per Coltano si fa con apparati Morse per mezzo di due linee telegrafiche, di cui una diretta, l'altra attraverso l'ufficio centrale di Livorno. Per l'inoltro dei telegrammi in arrivo, che può anche esser fatto a mezzo di fattorini, si sono installate due macchine Hughes.

19. - *Servizio radio.*

I servizi, che la nuova Radio (ICC) si assunse subito in sostituzione della Radio Roma (San Paolo) e quelli sviluppati in seguito, sono principalmente i seguenti :

a) *Massaua* (ICX) e *Mogadiscio* (ISG). Questi servizi fanno fronte all'intiero traffico, del resto abbastanza modesto, fra l'Italia e le Colonie del Mar Rosso e dell'Oceano Indiano. La ricezione riesce assai difficoltosa e richiede molta abilità, a cagione della potenza relativamente limitata della stazione di Massaua (la quale nel traffico verso l'Italia fa da relais anche per la provenienza da Mogadiscio). Poichè questo servizio deve tornare alla Radio Roma, la ricezione rimase alla stazione ricevente di Monterotondo, la quale nei riguardi della distanza si trova in posizione più favorevole di Livorno ed ha effettivamente ricevuto il traffico in arrivo, anche in periodi di condizioni atmosferiche particolarmente avverse. Questo servizio si svolge di regola nelle prime ore del mattino.

b) *Bollettino A. R. T. I.* (ex Agenzia Radio Telegrafica Italiana) *e telegrammi circolari.* (CQ). Il bollettino è un riassunto giornaliero dei più importanti avvenimenti politici e delle notizie di interesse generale, che viene compilato ed inviato per proprio conto dalla Società «La Radio Nazionale». Esso viene largamente intercettato e serve quindi a rifornire di informazioni il naviglio mercantile sparso per tutti i mari del mondo.

c) *Estremo Oriente e navi lontane.* Con una scelta conveniente dell'orario e della lunghezza d'onda è possibile trasmettere giornalmente brevi telegrammi alla stazione della concessione italiana di

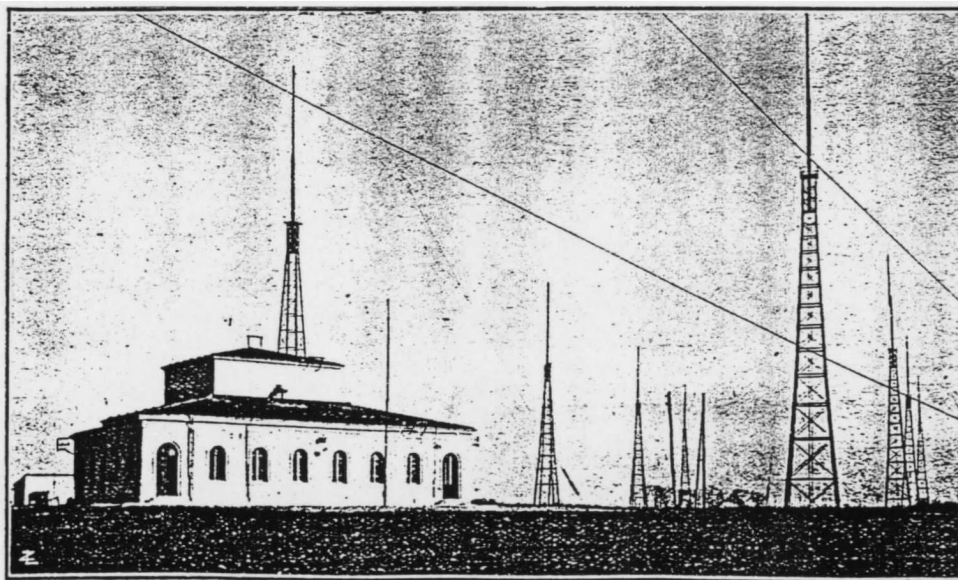



Fig. 33. — Stazione Marconi e aereo continentale.

vevole aggiungere l'effetto di antenna a quello radiogoniometrico, così da realizzare il così detto diagramma di ricezione a cuore.

Si è constatato essere agevolmente possibile far funzionare sul grande aereo radiogoniometrico anche un secondo radiogoniometro, senza disturbare quello destinato al servizio con l'America. Con il secondo apparecchio si ricevono (in un altro locale) le trasmissioni di Northolt GKB, di Mosca RDW, di Cristiania LCH, di Vienna OHL,

[8] *L'Onde Electrique*, gennaio 1922, Vol. I, N. 1, pag. 26.
[9] *L'Elettrotecnica*, 15 ottobre 1922, Vol. IX, N. 29, pag. 696, e Pubblicazione N. 19 dell'Istituto E. e R. T.

Pekino e alle navi da guerra che si trovano in quei mari. Il traffico è unilaterale, quello di ritorno si svolge per cavo.

d) *Levante.* Nei primi mesi si ebbe un servizio abbastanza intenso con il Levante (Costantinopoli, Smirne, ecc.). Esso è assai diminuito in seguito agli avvenimenti internazionali, che hanno escluso la diretta ingerenza politica e militare delle grandi potenze nelle cose di Turchia.

e) *Canadà.* Per un accordo fra diversi gruppi giornalistici del Nord America fu installata ad Halifax (Nuova Scozia) una stazione ricevente (HX) destinata alla ricezione dei telegrammi di stampa dall'Europa. Il servizio delle frasi vien fatto per mezzo del cavo impe-

riale britannico dal Canadà all'Inghilterra e di là per radio dalla stazione di Northolt (GKB) a Coltano (Livorno).

f) Stati Uniti. Questo servizio fu avviato, in seguito ad appositi accordi con la Radio Corporation, nel mese di agosto. Esso si svolge in duplex con una delle due stazioni (WQK-WQL) che costituiscono per ora il Radio Central di New York e precisamente con la seconda. Questo collegamento non ha potuto assorbire per ora se non una piccola parte del traffico fra l'Italia e gli Stati Uniti, sopra tutto per la difficoltà dell'inoltro telegrafico dal luogo di accettazione a Coltano, inoltro che deve avvenire esclusivamente per la via di Milano il loro progressivo incremento non apparisce nettamente deciso per effetto delle cause accennate e specialmente per la riduzione del servizio col Levante. La media di 5000 parole giornaliere di trasmissione è assai bassa ([10]) e la stazione potrebbe comodamente, con un aumento relativamente insignificante di spesa di energia e senza sensibile aggravio del servizio o maggior cimento del macchinario e degli apparati, effettuare un traffico di trasmissione più che doppio, come provano del resto i massimi raggiunti in singoli giorni di particolare affluenza ([11]). Basterà a tal fine incanalare verso Coltano una parte sufficiente del volume di traffico disponibile per l'America.

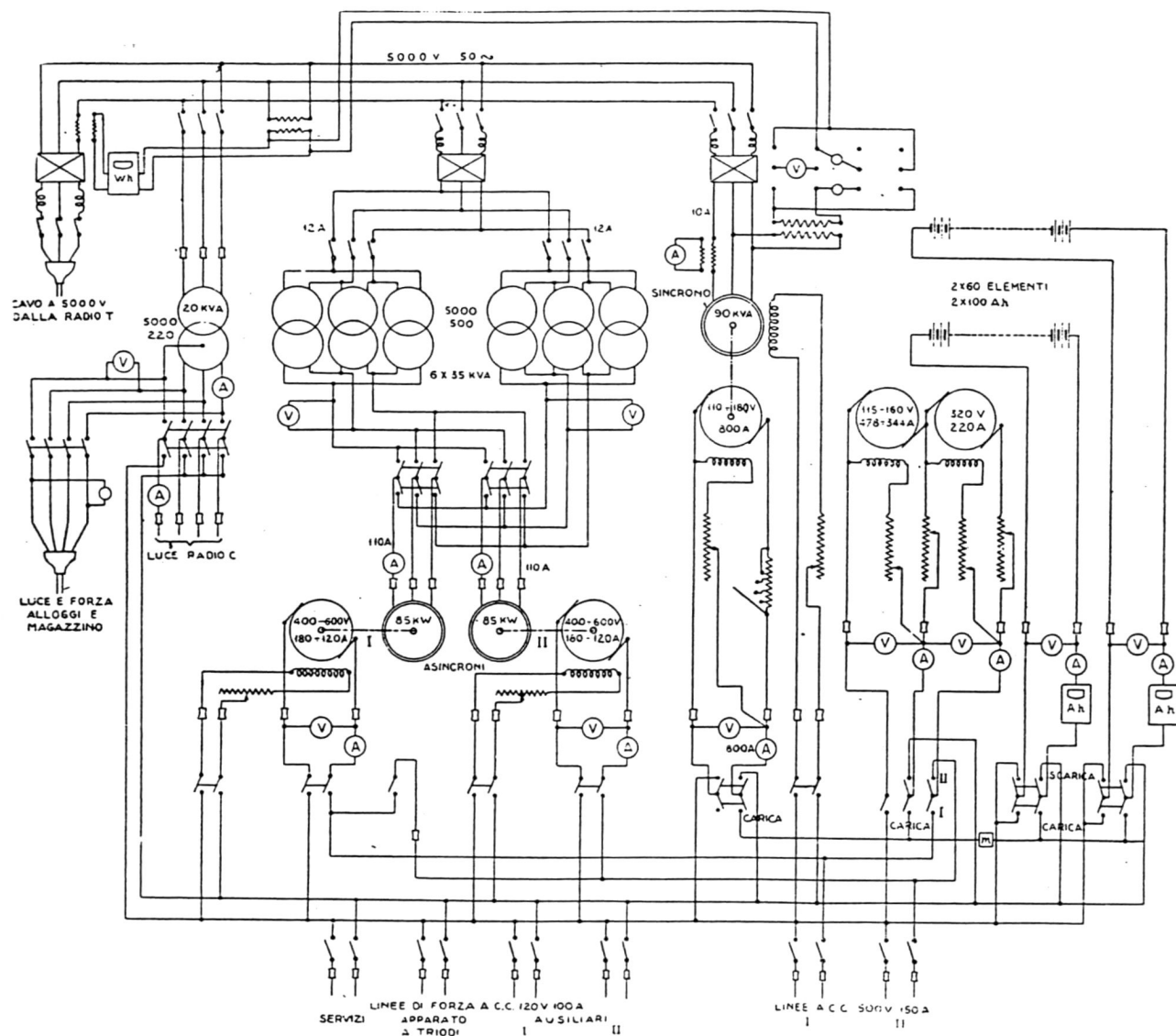



Fig. 34. — Schema elettrico della radio continentale e coloniale.

e di Roma, ed anche perchè il pubblico non è ancora abbastanza edotto dell'esistenza di questa via (aperta ad esso il 1° novembre), la quale dovrebbe rapidamente prevalere sulle altre, perchè risulta molto conveniente così dal punto di vista dell'economia, come da quello della rapidità del servizio, oltre ad essere, ben s'intende, assai più vantaggiosa delle altre per l'erario.

Il traffico della Radio Continentale (ICI) si svolge principalmente con Berlino (POZ) (fino a giugno con Barcellona EAB) e poi anche con Cristiania LCH, Mosca RDW, Poznan AXJ, ecc. Il servizio di ricezione del centro di Livorno è la controparte di quelli di trasmissione.

I diagrammi della fig. 35 danno un'idea del traffico svolto nei suoi primi mesi di vita dalla Radio transcontinentale; le ordinate sono i numeri delle parole mensili e rappresentano le sole parole tassabili trasmesse, indipendentemente dal traffico di ricezione. Le cifre che se ne deducono per il traffico totale sono ancora assai modeste ed anche

Il consumo complessivo di energia per tutti i servizi del Centro trasmittente si aggira su una media giornaliera di 3200 kWh.

20. - *Conclusione.*

L'impianto della nuova Radio Coltano e l'organizzazione di tutto il centro Radio sono stati eseguiti dalla R. Marina con forze proprie e con l'appoggio dell'industria nazionale (esclusa la fornitura dell'al-

([10]) *L'Elettrotecnica*, 25 settembre 1923. Vol. X, N. 27, pag. 651, e Pubblicazione N. 26 dell'Istituto E. e R. T.

([11]) I dati finora noti (*L'Elettrotecnica*, 15 settembre 1923, Vol. X, N. 27, pag. 657, e *Bollettino R. T.*, Vol. III, N. 25), dimostrano che i collegamenti transatlantici più attivi, i quali erano fino al marzo scorso quelli con la Germania e con l'Inghilterra, avevano avuto nell'ultimo anno un traffico medio di 20 000 parole giornaliere, come somma delle parole tassabili scambiate *nei due sensi*.

ternatore ad alta frequenza, di cui è cenno al § 8). senza ricorrere all'aiuto e senza far uso dei brevetti di alcuna compagnia radiotelegrafica. I risultati ottenuti alle prove, e confermati in oltre sette

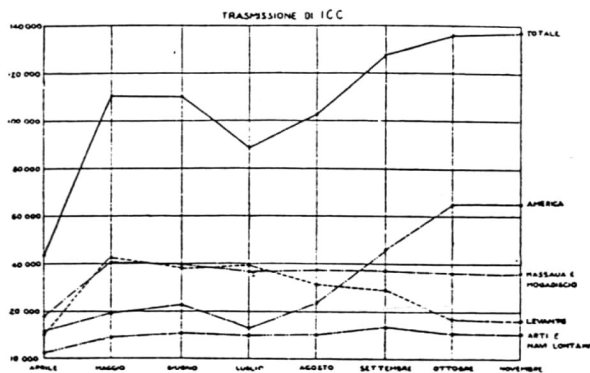



Fig. 35. — Diagrammi del traffico mensile di trasmissione della radio transcontinentale.

mesi di ininterrotto servizio, dimostrano che lo sviluppo dato dalla R. Marina alla tecnica radiotelegrafica in Italia è sufficiente a permettere al nostro Paese di fare ragionelvolmente da sè anche in questo campo.

*

NOTA. — È giusto ricordare qui che allo studio dei progetti, alla direzione dei lavori e alle prove collaborò instancabilmente il primo Tenente di Vascello *M. Zambon,* a cui si deve la continua diretta assidua sorveglianza di tutto quanto si fece a Coltano nel periodo della costruzione e del montamento. A lui è succeduto, fin dal principio dell'esercizio, il Tenente di Vascello *G. Lubrano,* che ha curato con altrettanta abilità lo svolgimento del servizio e tutta la vita del Centro in questo suo primo anno. Gli ufficiali, destinati in varie epoche all'Istituto Elettrotecnico e Radiotelegrafico della R. Marina (Comandanti *F. Vicedomini, C. Casati, U. Sordina, P. Borgatti, U. Ruelle,* Capitano *A. Mendici*), pur attendendo ai loro doveri didattici, recarono utili contributi allo studio dei problemi tecnici, che man mano venivano posti dallo sviluppo dei progetti e dei lavori. In particolare il Comandante U. Sordina organizzò completamente il centro provvisorio di ricezione, diretto ora dal Comandante P. Borgatti, ed il compianto Sottotenente di Vascello *G. Del Santo* svolse il progetto magnetico dei grandi convertitori ad arco. La Direzione di Artiglieria ed Armamenti del R. Arsenale di Spezia, diretta dal Comandante *F. Ortalda,* con tutte le sue officine e particolarmente con l'Officina Radiotelegrafica diretta dal Comandante *G. Montefinale,* fu lo stabilimento di costruzione che fornì una gran parte del materiale ed in ispecie svolse i progetti costruttivi e la completa esecuzione dei convertitori ad arco coi loro accessori e delle strutture metalliche per i grandi isolatori degli stralli (Tenente R. T. *F. Buzzacchino* e Capo tecnico *E. Radice*), provvide alla massima parte degli acquisti, alla costruzione degli stralli e dei loro attacchi, all'attrezzamento dell'officina meccanica, alla costruzione di quadri e di apparecchi accessori, ecc. Il ricevitore per il servizio con l'America fu costruito, su progetto del Comandante *G. Pession,* presso la Radio Centocelle. La Direzione delle costruzioni dell'Arsenale di Spezia, diretta dal Colonnello *G. Vian* fornì strutture metalliche, collaborò allo studio della gabbia di montamento per i piloni, preparò la sistemazione del Diesel di riserva. Una parte assai importante, in quanto provvide alla redazione dei progetti e alla direzione dei lavori per tutti i fabbricati, per le fondazioni dei blocchi di base e degli ancoraggi dei piloni, per l'impianto idraulico, ecc., ebbe dapprima la Sezione Staccata dal Genio Marina a Livorno (Col. *A. Ricci*), cui succedette la Direzione autonoma di Spezia diretta dal Col. *F. Giambarda,* che affidò i lavori di Coltano al compianto Ten. Col. *G. Mondo* e poi al Ten. Col. *P. Nicoletti* con la collaborazione dell'Ing. *G. B. Spezia.* Sotto la loro direzione i progetti di competenza del Genio furono in buona parte svolti dal disegnatore geometra *T. Neri.* La direzione e la sorveglianza continua dei lavori (affidati in parte a varie imprese) fu esercitata dal principio alla fine, con intelligente ed instancabile attività, dall'assistente tecnico *P. Bertocchi.* L'Amministrazione dei Telegrafi (e in particolare la Direzione delle Costruzioni di Pisa, diretta dal Cav. *G. Frediani* e la Direzione locale di Livorno, diretta dal Cav. *A. Bordoni-Lilla*) ha provveduto a tutti i collegamenti per filo e alla fornitura ed installazione del materiale telegrafico e collabora efficacemente allo smistamento e istradamento del traffico in arrivo e in partenza per mezzo degli uffici di Roma, Milano, Livorno e Pisa, a cui si collegano direttamente gli uffici radio gestiti da personale della Marina a Coltano e a Livorno.

Nello studio della sistemazione idrica di tutta la zona occupata dal centro, in relazione con i grandi lavori di bonifica, si è avuto l'aiuto efficace ed amichevole della direzione di essi, affidata all'ing. *U. Todaro.* Nell'impianto dell'acqua potabile, nella delimitazione dei terreni, nella costruzione delle strade, ecc., è riuscita preziosa la collaborazione della direzione locale dell'Opera Nazionale per i Combattenti (direttore *A. Bogliolo*).

Particolarmente preziosa fu la consulenza del Prof. *G. Colonnetti* (direttore prima della R. Scuola d'Ingegneria di Pisa, ora del R. Politecnico di Torino) nei riguardi dei calcoli di stabilità dei piloni, che furono eseguiti dalla Società *Officine di Savigliano.* Oltre alla fornitura completa dei piloni, questa Ditta ha anche avuto parte nell'impianto elettrico con due gruppi convertitori ed un trasformatore. Il trasformatore e il gruppo convertitore principali sono del *Tecnomasio Brown Boveri,* che fornisce anche il gruppo di riserva. La Ditta *Marelli* ha in costruzione il trasformatore di riserva ed ha fornito parecchi macchinari ausiliari e aspiratori. L'alternatore di prova ad alta frequenza fu fornito dalla «*Franco-Tosi*» (ora Comp. Gen. di Elettricità) che eseguì anche il progetto e l'offerta di un alternatore da 300 kW. Delle *Officine di Rivarolo* sono le pompe elettriche principali e secondarie, della Ditta *Magrini* i quadri così per la sala macchine come per la sala archi, della *Pirelli* e della *Società Conduttori Elettrici* i cavi interni e quelli sotterranei fra le due Radio. Gl'isolatori della grande antenna sono di fabbricazione straniera, (forniti, insieme con alcuni materiali per le chiavi di manipolazione, dalla Ditta *C. F. Elwell*) ma la *Ginori* ha intrapreso con successo la costruzione di isolatori analoghi, che vengono continuamente perfezionati e che hanno intanto permesso di isolare le draglie del nuovo aereo nord-ovest della stazione coloniale con isolatori italiani. La costruzione della linea a 30 kV fu eseguita dalla *Società Ligure-Toscana di Elettricità,* che fornì anche l'apparecchiatura per la cabina di trasformazione.

Il lavoro di montamento dei piloni è stato compiuto, con le solite mirabili doti di abilità e di abnegazione, dai nostri marinai, sotto la guida del Capitano Nocchiere *F. Barsella* e dei primi Nocchieri *P. Genovali* e *L. Antuono,* aiutati, per la chiodatura, anche da operai borghesi. Il montamento del macchinario, dei quadri e delle canalizzazioni, la costruzione di apparecchi accessori, la messa in opera e la condotta di tutta l'installazione sono state eseguite dal personale elettricista sotto la guida di abili Sottufficiali (*G. Pasquini, E. Novelli, C. Chiellini, G. Tavolieri, A. Guarini, M. Cappugi, C. Argento*). In tutti i lavori hanno avuto inoltre parte importante il capo carpentiere *V. De Martino* ed i capi meccanici *S. Strano e G. Sassi.* La condotta del servizio radio e telegrafico del Centro è stata tenuta dal personale radio e semaforista agli ordini di valenti capi posto (*A. Sbardellati, V. Catarzi*) e distinti Sottufficiali (*A. Gatto, G. Varricchio, M. Perugini, E. Rutigliano, C. Cristiani, E. De Cesare*). Tutti i lavori eseguiti a Coltano si sono svolti senza alcun incidente alle persone, che sia degno di rilievo e che abbia avuto comunque la benchè minima conseguenza.

Sulla facciata della nuova Radio è stata murata, per ordine di S. E. l'Ammiraglio Duca Paolo Tahon di Revel, Ministro della Marina, una lapide che reca questa scritta:

LA REGIA MARINA

IDEAVA

COSTRUIVA E METTEVA IN ESERCIZIO

1920 - 1923